Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты"

Приказ Министра экологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 30 сентября 2026 года № 246-П

В соответствии с пунктом 6 статьи 113 Экологического кодекса Республики Казахстан ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам " Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты" .

2. Департаменту климатической политики Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан в установленном законодательством порядке обеспечить:

1) направление настоящего приказа на государственном и русском языках в течение пяти рабочих дней со дня его подписания в Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Институт законодательства и правовой информации Республики Казахстан" Министерства юстиции Республики Казахстан для официального опубликования и включения в Эталонный контрольный банк нормативных правовых актов Республики Казахстан;

2) размещение настоящего приказа на интернет-ресурсе Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан после его официального опубликования.

3. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на курирующего вице-министра экологии и природных ресурсов Республики Казахстан.

4. Настоящий приказ вводится в действие после дня его первого официального опубликования.

Министр *А. Куантыров*

"СОГЛАСОВАН"
Министерство финансов
Республики Казахстан
"СОГЛАСОВАН"
Министерство национальной
экономики Республики Казахстан
"СОГЛАСОВАН"
Министерство промышленности
и строительства
Республики Казахстан

"СОГЛАСОВАН"
Министерство энергетики
Республики Казахстан
"СОГЛАСОВАН"
Министерство водных
ресурсов и ирригации
Республики Казахстан

Приложение к приказу

Справочник по наилучшим доступным техникам "Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты"

Оглавление

Оглавление 3
Список рисунков 6
Список таблиц 8
Глоссарий 9
Предисловие 16
Область применения 18
Принципы применения 19
1. Общая информация 21
1.1. Задачи мониторинга 21
1.2. Виды мониторинга 22
1.3. Общие подходы к выбору подходящего режима мониторинга 23
1.3.1. Подход, основанный на определении риска 24
1.3.2. Методы измерений при контроле выбросов 28
1.4. Обеспечение качества данных 34
1.5. Учет условий измерений при нормальном эксплуатационном режиме и при отличных от нормальной эксплуатационной нагрузки 35
1.6. Правовая основа для контроля промышленных выбросов 37
2. Методология определения наилучших доступных техник 38
2.1. Детерминация, принципы подбора 38
2.2. Критерии отнесения техник к НДТ 40
2.3. Экономические аспекты внедрения НДТ по мониторингу эмиссий 46
2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ 46
2.3.2. Способы экономической оценки НДТ 47
2.3.3. Инвестиционная обоснованность затрат 47
3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время 53

3.1. Производственный экологический контроль на предприятиях по добыче нефти и газа 55
3.2. Производственный экологический контроль на предприятиях по переработке нефти и газа 58
3.3. Особенности производственного экологического контроля на предприятиях горнометаллургического комплекса 61
3.3.1. Производственный экологический контроль на объектах черной металлургии с учетом добычи 62
3.3.2. Производственный экологический контроль на объектах цветной металлургии с учетом добычи 65
3.4. Производственный экологический контроль на объектах энергетики 78
3.5. Производственный экологический контроль в производстве цемента и извести 82
3.6. Производственный экологический контроль в производстве продуктов химической промышленности 88
3.7. Производственный экологический контроль иных отраслей 89
3.8. Основные выводы 90
4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов 91
4.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу 91
4.1.1. Периодические измерения выбросов 91
4.1.2. Анализ проб отработанного газа 93
4.1.3. Косвенные методы 97
4.1.4. Периодические измерения неорганизованных выбросов 98
4.1.5. Другие методы 99
4.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты 99
4.2.1. Периодические измерения загрязняющих веществ в сбросах 99
4.2.2. Анализ проб воды 100
4.2.3. Косвенные методы 108
4.3. Биомониторинг 109
4.4. Мониторинг запахов 110
4.4.1. Метод динамической ольфактометрии 110
4.4.2. Метод сетки 111
4.4.3. Метод шлейфа 111
4.5. Автоматизированная система управления технологическими процессами 112
4.6. Автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов 113
5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник 115

5.1. Автоматизированная система мониторинга эмиссий на стационарных организованных источниках выбросов 115
5.1.1. Типы автоматизированных систем мониторинга 120
5.1.2. Техники мониторинга и определения содержания компонентов в газовоздушной смеси выбросов 137
5.1.3. Техники для мониторинга и определения содержания взвешенных твердых частиц 161
5.1.4. Техники для мониторинга и определения параметров отходящих газов 167
5.2. Автоматический мониторинг и контроль качества выбросов в атмосферный воздух 178
5.2.1. Автоматический мониторинг и контроль качества выбросов в атмосферный воздух на границе области воздействия 179
5.2.2. Технические решения для непрерывного мониторинга качества атмосферного воздуха 181
5.3. Мониторинг выбросов на факельных установках 191
5.3.1. Оптические расходомеры для контроля расхода факельных газов 191
5.3.2 Ультразвуковые расходомеры факельного и попутного газа 193
5.3.3. Иные расходомеры для контроля расхода факельного газа 197
5.3.4. Подфакельные наблюдения 201
5.4. Автоматизированная система мониторинга сбросов загрязняющих веществ 203
5.4.1. Автоматизированные измерительные устройства для определения физических параметров воды 203
5.4.2. Автоматизированные системы учета воды – определение качественных показателей воды 222
5.5. Дистанционные методы измерения 225
5.5.1. Оптическое дистанционное зондирование 225
5.5.2. Другие методы дистанционного измерения 227
6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам 234
6.1. Общие НДТ 236
6.2. Непрерывный мониторинг выбросов в атмосферный воздух 239
6.3. Непрерывный мониторинг сбросов в водные объекты 244
6.4. Требования по ремедиации 246
7. Перспективные техники 249
7.1. Комплексная система мониторинга с использованием искусственного интеллекта (комбинация системы непрерывного мониторинга выбросов с системой прогнозного мониторинга выбросов (PEMS), интегрированных с системой управления технологическим процессом, а возможно и с системой мониторинга воды) 250

7.2. Технология гиперспектральной визуализации газового облака (Gas Cloud Imaging) 256
8. Дополнительные комментарии и рекомендации 258
Библиография 260

Список рисунков

Рисунок 1.1.	Режим мониторинга в зависимости от риска превышения НДВ
Рисунок 1.2.	Примеры того, как уровни выбросов могут меняться с течением времени
Рисунок 2.1.	Этапы оценки экономической эффективности внедрения и эксплуатации техники
Рисунок 3.1.	Отображение данных о качестве атмосферного воздуха на границе СЗЗ ПАЗ на LED экране в центре г. Павлодар
Рисунок 3.2.	Динамика изменения отраслевых выбросов, тыс. тонн
Рисунок 3.3.	Структура выбросов по зонам энергоснабжения
Рисунок 3.4.	Структура топливосжигающих установок по мощности и виду топлива
Рисунок 3.5.	Концентрация азота (II) оксида и азота (IV) диоксида, мг/Нм3
Рисунок 3.6.	Концентрация пыли неорганической, содержащей двуокись кремния в %: менее 20 и 70-20; мг/Нм3
Рисунок 3.7.	Концентрация серы диоксида, мг/Нм3
Рисунок 3.8.	Средняя концентрация маркерных загрязняющих веществ, мг/м3
Рисунок 3.9.	Статус внедрения АСМ операторами объектов
Рисунок 4.1.	Элементарный анализатор
Рисунок 4.2.	Пример оптико-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой
Рисунок 4.3.	Пример тестового набора со спектрофотометром
Рисунок 4.4.	Типовая схема АСКУЭ с организацией автоматического опроса счетчиков локальным центром сбора и обработки данных
Рисунок 5.1.	Принципиальная схема автоматической системы мониторинга выбросов в атмосферу
Рисунок 5.2.	Принципиальная схема автоматической системы мониторинга выбросов в атмосферу
Рисунок 5.3.	Функциональная схема автоматической системы контроля выбросов
Рисунок 5.4.	Пример устройства для экстрактивного отбора проб
Рисунок 5.5.	Классификация газоаналитических измерительных каналов
Рисунок 5.6.	АСМ экстрактивного типа

Рисунок 5.7.	Пример исполнения блока-контейнера
Рисунок 5.8.	Схема экстрактивного газоаналитического ИК АСМ с разбавлением пробы
Рисунок 5.9.	Схема экстрактивного газоаналитического ИК АСМ с удалением влаги из пробы (типа "холодный/сухой")
Рисунок 5.10.	Схема экстрактивного газоаналитического ИК АСМ 2 без разбавления пробы – "горячий/влажный" анализ
Рисунок 5.11.	АСМ неэкстрактивного типа с измерением в точке
Рисунок 5.12.	Вариант исполнения однолучевого неэкстрактивного газоаналитического ИК АСМ
Рисунок 5.13.	АСМ неэкстративного типа с измерением в сечении (вариант с двумя лучами)
Рисунок 5.14.	Электромагнетические спектры для измерения концентраций при АСМ
Рисунок 5.15.	Оптический метод измерения взвешенных частиц
Рисунок 5.16.	Применение ультразвука для непрерывного мониторинга в отходящих газах
Рисунок 5.17.	Схема "Трубка Пито"
Рисунок 5.18.	Измерение скорости потока и расхода корреляционным методом
Рисунок 5.19.	Технологическая схема стационарного поста
Рисунок 5.20.	Технологическая схема недисперсионного ультрафиолетового анализатора
Рисунок 5.21.	Технологическая схема работы анализатора
Рисунок 5.22.	Технологическая схема газового хроматографа
Рисунок 5.23.	Технологическая схема нерассеивающего инфракрасного анализатора
Рисунок 5.24.	Технологическая схема электрохимического анализатора
Рисунок 5.25.	Технологическая схема оптического расходомера
Рисунок 5.26.	Технологическая схема ультразвукового расходомера время-импульсного метода
Рисунок 5.27.	Технологическая схема ультразвукового расходомера фазного метода
Рисунок 5.28.	Технологическая схема термального-массового расходомера
Рисунок 5.29.	Принцип действия ультразвукового прибора учета воды
Рисунок 5.30.	Принцип действия электромагнитного прибора учета воды
Рисунок 5.31.	Принцип действия прибора учета воды с использованием механических счетчиков и импульсного выхода

Рисунок 5.32.	Принцип действия датчиков измерения водородного показателя (pH) вод
Рисунок 5.33.	Магнитное поле при срабатывании в процессе проточного анализа
Рисунок 5.34.	Принцип действия оптических турбидиметров (фотометр)
Рисунок 5.35.	Пример универсального многопараметрического датчика
Рисунок 7.1.	Возможная схема комбинации АСМ и PEMS
Рисунок 7.2.	Мировой рынок PEMS
Рисунок 7.3.	Принцип работы CGI камер

Список таблиц

Таблица 1.1.	Факторы и уровни рисков
Таблица 1.2.	Основные характеристики прямых измерений при периодическом контроле и непрерывном мониторинге с помощью АСМ
Таблица 2.1.	Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды
Таблица 2.2.	Анализ мирового рынка мониторинга
Таблица 2.3.	Стоимость систем АСМ
Таблица 2.4.	Затраты на внедрение и эксплуатацию АСМ
Таблица 3.1.	Выбросы отдельных отраслей в 2022 г, kt
Таблица 3.2.	Выбросы маркерных веществ по аудируемым предприятиям
Таблица 3.3.	Масса сбросов маркерных веществ от ряда предприятий, включенных в экспертную оценку, т/год
Таблица 3.4.	Распределение выбросов по видам источников
Таблица 3.5.	Сведения об объемах инструментальных замеров на предприятиях алюминиевой промышленности Республики Казахстан
Таблица 3.6.	Влияние топливосжигающих установок на различные компоненты окружающей среды
Таблица 3.7.	Концентрация маркерных загрязняющих веществ
Таблица 3.8.	Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу
Таблица 3.9.	Валовые сбросы загрязняющих веществ
Таблица 5.1.	Сравнительная таблица основных характеристик непрерывных и периодических измерений
Таблица 5.2.	Основные различия между АСМ экстрактивного и неэкстрактивного типа
Таблица 5.3.	Методы сертифицированной АСМ для наиболее распространенных загрязнителей воздуха

Таблица 5.4.	Основные загрязняющие вещества и их источники
Таблица 6.1.	Базовые условия для содержания кислорода по типам установок

Глоссарий

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в настоящем справочнике по наилучшим доступным техникам " Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты" .

Глоссарий представлен следующими разделами:
термины и их определения;
аббревиатуры и их расшифровка;
химические формулы;
единицы измерения.

Термины и их определения

В настоящем справочнике по НДТ используются термины и их определения в соответствии с экологическим законодательством Республики Казахстан и справочниками по НДТ отраслей экономики, а также следующие термины:

автоматизированная система мониторинга эмиссий в окружающую среду	–	автоматизированная система производственного экологического мониторинга, отслеживающая показатели эмиссий в окружающую среду на основных стационарных источниках эмиссий, которая обеспечивает передачу данных в информационную систему мониторинга эмиссий в окружающую среду в режиме реального времени в соответствии с Правилами ведения автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду при проведении производственного экологического контроля, утвержденными уполномоченным органом в области охраны окружающей среды, приказом Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 22 июня 2021 года № 208 (далее – [33]);
бенчмаркинг	–	отраслевой сравнительный анализ;

выброс загрязняющих веществ	–	поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников выброса;
мониторинг	–	систематическое наблюдение за изменениями определенной химической или физической характеристики выбросов, сбросов, потребления, эквивалентных параметров или технических мер и т.д.;
непрерывные измерения	–	круглосуточные измерения, допускающие перерывы для проведения ремонтных работ, пусконаладочных, поверочных, калибровочных работ, устранения дефектов;
нештатное отключение автоматизированной системы мониторинга эмиссий	–	случаи остановки по причине неисправности, сбоев, отказа и отклонения в работе или нарушения целостности автоматизированной системы мониторинга в целом или ее элементов, либо технологического оборудования, где техника установлена;
нормативы эмиссий	–	совокупность предельных количественных и качественных показателей эмиссий, устанавливаемых в экологическом разрешении, к которым относятся: 1) нормативы допустимых выбросов; 2) нормативы допустимых сбросов;
плановое отключение автоматизированной системы мониторинга эмиссии	–	случаи остановки средств измерений на техническое обслуживание согласно технической документации оборудования и плану технического обслуживания или ремонтных работ источника выбросов, на котором установлена АСМ, остановка технологического процесса предприятий;
прямые измерения	–	конкретное количественное определение выбрасываемых соединений в источнике;
источник выброса	–	сооружение, техническое устройство, оборудование, установка, площадка, транспортное или иное передвижное средство, в процессе эксплуатации которых происходит

		поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
источник сброса	–	сооружение, техническое устройство, оборудование, которые выделяют из водовыпусков загрязняющие вещества;
измерительный канал АСМ	–	конструктивно или функционально выделяемая часть АСМ, выполняющая законченную функцию от восприятия измеряемой величины до получения результата ее измерений: включает в себя датчик или анализатор, контролер (при необходимости) и пробоотборную систему (при необходимости);
газоанализатор (анализатор газа)	–	прибор для определения качественного и количественного химического состава газовой среды;
газоанализатор неэкстрактивного типа	–	тип газоанализатора, производящего измерения газовых сред без извлечения пробы;
газоанализатор экстрактивного типа	–	типа газоанализатора, производящего измерения пробы газа, извлеченной из газовых сред при помощи пробоотборной системы;
пробоотборная система	–	комплекс технических средств, включающих пробоотборное устройство, линию для транспортировки пробы и устройство пробоподготовки (при необходимости), предназначенный для отбора пробы газа и ее подачи на вход газоанализатора;
пробоотборное устройство (пробоотборный зонд)	–	устройство, предназначенное для отбора газовой пробы из газоходов и дымовых труб;
линия для транспортировки пробы	–	устройство для непрерывной транспортировки газовой пробы от пробоотборного зонда до устройства пробоподготовки или газоанализатора;
		устройство, обеспечивающее приведение пробы к состоянию, пригодному для анализа газоанализатором (удаление

устройство пробоподготовки	–	мешающих веществ, в том числе влаги, химическое преобразование целевых компонентов в форму пригодную для анализа);
анализатор взвешенных (твердых) частиц	–	средство измерения концентрации взвешенных (твердых) частиц в газовых средах отходящих газов;
массовый выброс	–	масса загрязняющего вещества, поступившего от источника выделения в единицу времени (г/с, г/ч, кг/ч и т.п.);
нормальные условия	–	условия, к которым приводят измеренные при рабочих условиях показатели выбросов, характеризуемые следующими параметрами газовой среды и их значениями: абсолютное давление 101,325 кПа, температура 0˚С (273,15 К), содержание паров воды (объемная доля, %) 0 (сухой газ);
датчик	–	устройство или преобразователь, способные измерять какую-либо физическую величину и преобразовывать ее в сигнал, который может быть зарегистрирован наблюдателем или прибором;
контроллер	–	функциональный блок АСМ, дополняющий аналитическое оборудование и состоящий из электронных устройств, выполняющих функции сбора, преобразования измерительной информации, ее хранения и передачи системы сбора данных.
валидированные данные	–	усредненные значения выбросов загрязняющих веществ с вычетом величины неопределенности.

Аббревиатуры и их расшифровка

Аббревиатуры	**Расшифровка**
NCOC	North Caspian Operating Company N.V.
АО	акционерное общество
АСМ	автоматизированная система мониторинга
АСУТП	автоматизированная система управления технологическим процессом
ИТС	информационно-технический справочник
КТА	комплексный технологический аудит

КЭР	комплексное экологическое разрешение
НДТ	наилучшие доступные техники
НПЗ	нефтеперерабатывающий завод
ПДК	предельно-допустимая концентрация
НДВ	нормативы допустимых выбросов
НДС	нормативы допустимых сбросов
ПЭК	производственный экологический контроль
РГП "Казгидромет"	Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Казгидромет"
СЗЗ	санитарно-защитная зона
СЭМ	система экологического менеджмента
СЭнМ	система энергетического менеджмента
ТОО "АНПЗ"	Товарищество с ограниченной ответственностью " Атырауский нефтеперерабатывающий завод"
ТОО "ТШО"	Товарищество с ограниченной ответственностью " Тенгизшевройл"
УКПНиГ	установка комплексной подготовки нефти и газа
БНС АСПР РК	Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан

Химические формулы

Химическая формула	Название (описание)
CO	монооксид углерода
пыль	общее количество твердых частиц (в воздухе)
газообразные хлориды	газообразные хлориды, выраженные как HCl
газообразные фториды	газообразные фториды, выраженные как HF
H2S	сероводород
ртуть и ее соединения	сумма ртути и ее соединений, выраженная в Hg
NH3	аммиак
NO	окись азота
NO2	диоксид азота
NOX	сумма оксида азота (NO) и диоксида азота (NO2), выраженная как NOX
ПХБ	полихлорированные бифенилы
ПХДД/ ПХДФ	полихлорированные дибензо-п-диоксины/ дибензофураны
SO2	SOx
SOX	сумма SOx (SO2), триоксида серы (SO3) и аэрозолей серной кислоты, выраженная как SO2
TVOC	общий летучий органический углерод, выраженный как C

Единицы измерения

Символ единицы измерения	Название единиц измерения	Наименование измерения (символ измерения)	Преобразование и комментарии
бар	бар	давление (Д)	1,013 бар = 100 кПа = 1 атм
°C	градус Цельсия	температура (Т), разница температур (РТ)	
г	грамм	вес	
ч	час	время	
K	Кельвин	температура (Т), разница температур	0 °C = 273,15 K
кг	килограмм	вес	
кДж	килоджоуль	энергия	
кПа	килопаскаль	давление	
кВт ч	киловатт-час	энергия	1 кВт ч = 3 600 кДж
л	литр	объем	
м	метр	длина	
м2	квадратный метр	площадь	
м3	кубический метр	объем	
мг	миллиграмм	вес	1 мг = 10 -3 г
мм	миллиметр	длина	1 мм = 10 -3 м
МВт	мегаватт тепловой мощности	тепловая мощность, теплоэнергия	
Нм3	нормальный кубический метр	объем	при 101.325 кПа, 273.15 K
Па	паскаль	давление	1 Па = 1 Н/м2
част/млрд (ppb)	частей на миллиард	состав смесей	1 част/млрд = 10-9
част/млн (ppm)	частей на миллион	состав смесей	1 част/млн = 10-6
об/мин	число оборотов в минуту	скорость вращения, частота	
т	метрическая тонна	вес	1 т = 1 000 кг или 106 г
т/сут	тонн в сутки	массовый расход, расход материала	
т/год	тонн в год	массовый расход, расход материала	
об %	процентное соотношение по объему	состав смесей	
кг-%	процентное соотношение по весу	состав смесей	
Вт	ватт	мощность	1 Вт = 1 Дж/с

Предисловие

Краткое описание содержания справочника по наилучшим доступным техникам: взаимосвязь с международными аналогами.

Справочник по наилучшим доступным техникам "Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты" (далее – справочник по НДТ) разработан в целях реализации Экологического кодекса Республики Казахстан (далее – Экологический кодекс) в рамках реализации бюджетной программы Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан 044 "Содействие ускоренному переходу Казахстана к "зеленой экономике" путем продвижения технологий и лучших практик, развития бизнеса и инвестиций".

В настоящем справочнике по НДТ представлено описание особенностей программ производственного экологического контроля для отраслей экономики, а также рекомендации по установлению автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду для стационарных источников выбросов/сбросов загрязняющих веществ, в том числе методов, решений, отнесенных к НДТ.

В настоящем справочнике по НДТ приводится информация, которой целесообразно руководствоваться промышленным предприятиям при выполнении своих обязательств при получении КЭР в части осуществления непрерывного мониторинга эмиссий на организованных источниках эмиссий.

Разработка справочника по НДТ проводилась в соответствии с порядком определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также согласно положениям "Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам" (далее – Правила).

При разработке справочника по НДТ был учтен наилучший международный опыт в данной сфере, в том числе использовались аналогичные и сопоставимые справочные документы и иные официально применяемые в государствах, являющихся членами Организации экономического сотрудничества и развития, Европейского союза, Российской Федерации, других стран и организаций с учетом специфики сложившейся структуры экономики и необходимости обоснованной адаптации к климатическим и экологическим условиям Республики Казахстан, обуславливающие техническую и экономическую доступность наилучших доступных техник в конкретных областях их применения:

1. JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED Installations, REF, 2018 "Справочный отчет Объединенного исследовательского Центра по мониторингу выбросов в атмосферу и воду от установок. Директивы промышленных выбросов".

2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 22.1-2016 "Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения". Москва, Бюро НДТ, 2016 г.

3. Reference Document on the General Principles of Monitoring, July 2003 - Справочный документ по наилучшим доступным технологиям, справочный документ по общим принципам мониторинга, июль 2003 г.

Информация о сборе данных

В справочнике по НДТ использована информация о процедурах, методах, способах при осуществлении программ производственного экологического контроля предприятий разных отраслей экономики, также информация по оснащению источников выделения/загрязнения автоматизированными системами мониторинга эмиссий, а также информационные данные отчетов комплексного технологического аудита и анкетирования, проведенного подведомственной организацией уполномоченного органа в области охраны окружающей среды, осуществляющей функции Бюро по наилучшим доступным техникам.

Для сбора информации о применяемых на промышленных предприятиях методах и способах мониторинга эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты, об источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение загрязнения окружающей среды и повышение энергоэффективности и ресурсосбережения, использовались и анализировались данные государственных органов и организаций, и законодательные акты Республики Казахстан, регулирующие деятельность профильных отраслей экономики. Дополнительно информация предоставлялась технической рабочей группой, по осуществлению деятельности по рассмотрению, участию в разработке, доработке проекта справочника по наилучшим доступным техникам приказом председателя Правления Некоммерческого акционерного общества "Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов" №12-24П от 12 января 2024 г.

Бюро наилучших доступных техник обеспечивало анализ и оценку полученных данных, осуществляло организационную, методическую и экспертно-аналитическую поддержку деятельности технических рабочих групп по вопросам разработки справочников по наилучшим доступным техникам, руководствуясь принципами пункта 6 статьи 113 Экологического кодекса, в том числе открытости и прозрачности, ориентированности на наилучший мировой опыт.

Взаимосвязь с другими справочниками по НДТ

Справочник по НДТ разработан во взаимосвязи со следующими отраслевыми и межотраслевыми справочниками по НДТ:

1) Производство неорганических химических веществ;

2) Производство цемента и извести;

3) Производство цинка и кадмия;

4) Переработка нефти и газа;

5) Производство свинца;

6) Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии;

7) Производство меди и драгоценного метала – золота;

8) Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные);

9) Добыча и обогащение железных руд (включая прочие руды черных металлов);

10) Производство ферросплавов;

11) Добыча нефти и газа;

12) Производство чугуна и стали;

13) Производство изделий дальнейшего передела черных металлов;

14) Добыча и обогащение угля;

15) Производство алюминия;

16) Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности.

Данный справочник по НДТ входит в серию справочников по наилучшим доступным техникам, разрабатываемых и утверждаемых в Республике Казахстан в соответствии с Экологическим кодексом.

Область применения

Область применения настоящего справочника по НДТ определена технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам " Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты" .

Настоящий межотраслевой справочник по НДТ разработан во взаимосвязи с отраслевыми справочниками по НДТ, разрабатываемыми в соответствии с приложением 3 Экологического кодекса.

Справочник по НДТ распространяется на процессы, связанные с основными видами деятельности, приведенные в приложении 3 Экологического кодекса, и не ограничен каким-либо одним из видов деятельности, перечисленных в данном приложении с учетом действующего экологического законодательства в части ведения автоматизированной системы мониторинга эмиссий.

Настоящий справочник по НДТ включает в себя описание общих подходов, методов и соответствующие аспекты, касающиеся мониторинга выбросов, сбросов и связанных с ними параметров, за исключением мониторинга почв и подземных вод. Положения настоящего справочника по НДТ применимы при осуществлении программы ПЭК, который включает в себя применение АСМ, для выполнения требований, установленных при получении КЭР.

Настоящий справочник по НДТ содержит методы, способы, техники мониторинга эмиссий отрасли по маркерным загрязняющим веществам. Для отдельных отраслей отмечены эталонные значения объемного содержания кислорода в отходящих газах для приведения к валидированным данным с целью сопоставимости результатов по концентрациям загрязняющих веществ в выбросах из различных источников.

Принципы применения

Статус документа

Справочник по НДТ предназначен для информирования операторов объекта/ объектов, уполномоченных государственных органов и общественности о наилучших доступных техниках и любых перспективных техниках, относящихся к мониторингу эмиссий, для предотвращения и контроля загрязнения и с целью стимулирования перехода операторов объекта/объектов на принципы "зеленой" экономики и наилучших доступных техник.

Положения, обязательные к применению

Положения раздела 6 "Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам" справочника по НДТ включают заключения, содержащие выводы по НДТ. Перечень установок, стационарные источники выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ, которые подлежат оснащению АСМ, регулируются [33].

Необходимость применения одного или совокупности нескольких положений заключения по наилучшим доступным техникам определяется операторами объектов самостоятельно, исходя из целей управления экологическими аспектами на предприятии при условии соблюдения технологических показателей. Количество и перечень наилучших доступных техник, приведенных в настоящем справочнике по НДТ, не являются обязательными к внедрению.

На основании раздела 6 отраслевых справочников по НДТ предприятиями разрабатывается программа повышения экологической эффективности, направленная на достижение уровня эмиссий и значений технологических показателей, утвержденных в заключениях по НДТ.

Рекомендательные положения

Рекомендательные положения имеют описательный характер. Рекомендации, содержащиеся в настоящем межотраслевом (горизонтальном) справочнике по НДТ, подлежат применению в случае отсутствия соответствующих рекомендаций в отраслевом (вертикальном) справочнике НДТ, к области применения которого относится рассматриваемое предприятие (объект):

Раздел 1: представлена общая информация о мониторинге, его целях и задачах, подходах к выбору режима мониторинга, методах мониторинга эмиссий, используемых предприятиями в технологических процессах.

Раздел 2: описаны методология отнесения к НДТ, подходы идентификации НДТ.

Раздел 3: описаны особенности организации программ ПЭК по отраслям экономики , приведена информация, полученная в рамках анкетирования предприятий по вопросам контроля выбросов/сбросов загрязняющих веществ.

Раздел 4: описаны методы и техники, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую

среду и не требующие технического переоснащения, реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду. Каталог методов и связанный с ними мониторинг, используемый для предотвращения выбросов, сбросов в окружающую среду, или, если это практически невозможно, сокращения выбросов/ сбросов.

Раздел 5: представлено описание существующих техник, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

Раздел 7: представлена информация о новых и перспективных техниках.

Раздел 8: приведены заключительные положения и рекомендации для будущей работы в рамках пересмотра справочника по НДТ.

Раздел 9: библиография.

1. Общая информация

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит общую информацию по описанию и обзору существующих видов мониторинга, подходов и методов определения измерений эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты, характерных для области применения настоящего справочника по НДТ.

1.1. Задачи мониторинга

Мониторинг эмиссий определяет систематический контроль/наблюдение за изменениями химических или физических характеристик эмиссий. Мониторинг основан на измерениях и/или наблюдениях с соответствующей процедурой и периодичностью, определенных законодательством Республики Казахстан, с получением валидированных информационных данных с последующей оптимизацией технологических процессов.

Функции мониторинга эмиссий:

измерение включает в себя набор операций для определения значения количества и получения индивидуального количественного результата;

измерение значения определенного параметра, а также отслеживание изменений значения (может состоять из комбинации измерений и расчетов).

Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ и экологическая отчетность предприятий являются системой мер, осуществляемых оператором объекта. Данная система включает постоянные и периодические наблюдения, сбор, регистрацию, хранение и обработку данных, касающихся эмиссий в окружающую среду, и представление результатов персоналу предприятий, государственным органам и широкой общественности в виде наборов первичных, расчетных или агрегированных данных и общей информации.

Задачи мониторинга многочисленны и разнообразны и рекомендуются для применения с целью:

оценки соответствия разрешительным требованиям;

поиска оптимального баланса между производительностью процесса, энергоэффективностью, потребляемыми ресурсами и уровнями выбросов/сбросов;

анализа причин определенных типов поведения выбросов (например, для выявления причин колебаний выбросов при нормальных или отличных от нормальных рабочих условий);

прогноза поведения технологической установки по выбросам/сбросам, например, после операционных преобразований, сбоев в работе или увеличения мощности;

проверки работы систем по очистке газов;

определения относительного вклада различных источников в общие выбросы;

обеспечения измерения для проверки безопасности;

отчетности о выбросах для конкретных кадастров (например, местных, национальных и международных, таких, как регистр выбросов и переноса загрязнителей, Единая государственная система мониторинга окружающей среды и природных ресурсов);

предоставления данных для оценки воздействия на окружающую среду (например, для ввода в модели, карты нагрузки загрязняющих веществ, оценки жалоб) и иное.

Первоочередная цель систем мониторинга эмиссий предприятий – это представление операторами объектов валидированных данных об эмиссиях маркерных загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты (в поверхностные воды, пруды-накопители, пруды-испарители). Представление отчетности о воздействии загрязнения от предприятия на компоненты окружающей среды, предотвращении образования отходов или их минимизации, а также об эффективности мер предприятия по охране окружающей среды может быть поставлено в качестве долгосрочной цели.

Данная информация мониторинга впоследствии используется при разработке и пересмотре справочников по НДТ и, в частности, при определении технологических показателей, связанных с применением НДТ.

1.2. Виды мониторинга

Производственный мониторинг является элементом ПЭК и программы повышения экологической эффективности. В рамках осуществления производственного мониторинга выполняются операционный мониторинг, мониторинг эмиссий в окружающую среду и мониторинг воздействия.

Существует три основных типа мониторинга, связанного с деятельностью промышленного предприятия в рамках осуществления производственного мониторинга :

мониторинг эмиссий (мониторинг промышленных выбросов/сбросов в источнике образования, т. е. мониторинг эмиссий, поступающих от установки в окружающую среду);

операционный мониторинг (мониторинг производственного процесса/мониторинг технологических параметров) – мониторинг физических и химических параметров (например, давления, температуры, скорости потока) технологического процесса, который должен подтвердить, что рабочие характеристики предприятия находятся в пределах, соответствующих его правильной работе;

мониторинг воздействия на окружающую среду (мониторинг содержания загрязняющих веществ в окружающей среде в зоне влияния предприятия, а также воздействия на экосистемы).

Операционный мониторинг (мониторинг технологических параметров) связан с измерением физических и химических параметров технологического процесса в целях подтверждения того, что установка функционирует в пределах заданных параметров. Примерами измеряемых параметров являются давление или температура в реакционной рабочей зоне, содержание кислорода в процессе биологической очистки сточных вод и расход сырья. Мониторинг технологических параметров также включает в себя контроль за работой аппаратуры, измеряющей загрязнение с тем, чтобы гарантировать ее надежное функционирование, недопущение отклонений в технологическом процессе и минимизацию воздействия на окружающую среду.

Мониторинг выбросов, сбросов и образования отходов связан с контролем и измерением выбросов, сбросов и образования отходов от технологической установки, являющейся их источником. Мониторинг включает в себя непрерывные или регулярные измерения атмосферных выбросов, сбросов сточных вод, количества опасных и неопасных отходов и вредных физических факторов (тепло, шум, вибрация и излучений).

Мониторинг воздействия (мониторинг качества окружающей среды) связан с мониторингом уровня загрязнения окружающей среды на границе санитарно-защитных зон производственных объектов, а также с воздействием, связанным с их эксплуатацией, на здоровье населения и экосистемы. Целью мониторинга качества окружающей среды является представление информации, необходимой для принятия решений по снижению выбросов, сбросов и образования отходов до уровней, обеспечивающих соблюдение нормативов качества окружающей среды и здоровья человека. Проведение мониторинга воздействия включается в программу ПЭК в тех случаях, когда это необходимо для отслеживания соблюдения требований экологического законодательства Республики Казахстан и нормативов качества окружающей среды, либо определено в КЭР [1].

Мониторинг состояния окружающей среды в зоне потенциального воздействия предприятия применяется в следующих случаях:

на этапе проектирования или при внесении существенных изменений в объемах или технологиях производства;

вблизи от уязвимых экосистем и населенных пунктов;

после аварийных выбросов и сбросов;

для поверки экспресс-методов и биомониторинга;

для мониторинга выделяемых веществ и факторов физического воздействия.

Данные производственного мониторинга используются для оценки состояния окружающей среды в рамках ведения Единой государственной системы мониторинга окружающей среды и природных ресурсов.

1.3. Общие подходы к выбору подходящего режима мониторинга

Существуют различные подходы, которые используются для мониторинга определенных параметров. В целом подходы делятся на две основные группы: прямые измерения и косвенные методы.

Выбор параметров для мониторинга зависит от используемых процессов, сырья, видов топлива и других факторов, ключевых экологических проблем и методов, используемых для предотвращения или сокращения выбросов. Эффективно, если параметр, выбранный для мониторинга, также служит для управления работой установки. Частота мониторинга данного параметра широко варьируется в зависимости от потребностей предприятия, рисков для окружающей среды и применяемого подхода к мониторингу.

Мониторинг выбросов и сбросов предоставляет объективную информацию об изменении эмиссий во времени. С этой целью контролируются не только конкретные загрязнители, но и другие параметры, которые могут служить для определения физических факторов при выбросах/сбросах, такие, как нормальные условия (например , температура, давление), скорость потока воздуха и воды, затраты сырья и материалов, производственная загрузка. Количество контролируемых параметров может превышать количество, указанное в разрешении или заключениях НДТ для рассматриваемого сектора промышленности. Параметры, необходимые для описания выбросов и сбросов, связанных с ними обстоятельств, отражаются в плане измерений или отбора проб и быть частью отчета об измерениях (ПЭК).

Для определения подходящего режима мониторинга можно применить подход, основанный на оценке риска, как в случаях, когда режим мониторинга еще не определен в законодательстве Республики Казахстан.

1.3.1. Подход, основанный на определении риска

В зависимости от уровня потенциального риска нанесения ущерба окружающей среде определяется соответствующий режим мониторинга. Риск-ориентированный подход используется для сопоставления различных уровней потенциального риска нанесения ущерба окружающей среде с соответствующим режимом мониторинга. Основными элементами оценки для определения риска являются вероятность превышения нормативов допустимого выброса/сброса (НДВ/НДС) и тяжесть последствий (т.е. ущерб для окружающей среды).

При выборе режима или интенсивности проведения мониторинга рассматриваются следующие основные факторы:

вероятность превышения НДВ/НДС;

последствия превышения НДВ/НДС (т.е. нанесение вреда окружающей среде).

При оценке вероятности превышения НДВ/НДС необходимо учитывать следующие факторы:

количество источников эмиссий;

стабильность условий технологического процесса;

буферная (накопительная) емкость очистки сточных вод;

производительность очистного оборудования для очистки от сверхнормативных выбросов;

вероятность механической неисправности, вызванная износом, коррозией/потерей целостности или иными факторами;

"гибкость" выпуска продукции (возможность корректировки объемов или сроков поставки);

способность оператора объекта оперативно реагировать при возникновении неисправностей (функциональные возможности);

срок службы оборудования, находящегося в эксплуатации;

режим эксплуатации (рабочие условия);

перечень опасных веществ;

значимость нагрузки (высокие концентрации, высокий расход газа/жидкости);

изменения состава сточных вод.

При оценке последствий превышения установленных НДВ/НДС необходимо учитывать следующие параметры:

продолжительность потенциального отказа оборудования;

характер последствий загрязнения веществом (так называемая возможность острого отравления), т.е. характеристики опасности вещества, используемого в технологическом процессе;

местоположение технологических установок (например, близость к жилым районам или особо охраняемым природным территориям);

коэффициент разбавления сточных вод в принимающей среде;

метеорологические условия.

Ниже приводится пример возможной классификации по уровням риска от "низкого" до "высокого" с перечислением основных элементов (факторов риска), влияющих на риск фактического превышения уровня НДВ/НДС. При оценке риска следует учитывать местные условия, в том числе потенциально возможные, целесообразные факторы риска, которые не отражены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Факторы и уровни рисков

№ п/п	Фактор риска	Уровень риска		
		Низкий	Средний	Высокий
1	2	3	4	5
1	Факторы риска, влияющие на вероятность превышения НДВ			
1.1	Количество отдельных источников эмиссий	Один	Несколько (от 2 до 5)	Многочисленные (> 5)
1.2	Стабильность условий эксплуатации/ технологического процесса	Стабильный	Иногда нестабильный	Нестабильный
1.3	Буферная (накопительная) емкость очистки сточных вод	Достаточная, чтобы справиться со сбоями	Ограниченная	Отсутствует
1.4	Мощность очистки источника избыточных выбросов/ производительность очистного оборудования	Способность справляться с кратковременными выбросами (стехиометрическая реакция, негабаритность, щадящая обработка)	Ограниченные возможности	Отсутствует
1.5	Вероятность механической неисправности, вызванной коррозией	Отсутствие или ограниченная коррозия	Нормальная коррозия, покрытая конструкцией	Условия коррозии все еще присутствуют
1.6	"Гибкость" выпуска продукции	Единое специализированное производственное подразделение	Ограниченное количество марок продукции	Многие марки продукции, многоцелевой завод
1.7	Инвентаризация опасных веществ	Не присутствуют или зависит от производства	Присутствуют в незначительном количестве (по сравнению с НДВ/ НДС)	Превышают количество (по сравнению с НДВ/ НДС)
1.8	Максимально возможная нагрузка по выбросам (т.е. концентрация × расход	Значительно ниже НДВ/НДС	На уровне НДВ/ НДС	Значительно выше НДВ/НДС
2	Факторы риска, влияющие на последствия превышения НДВ			

2.1	Продолжительность потенциального отказа	Короткая (<1 часа)	Средняя (От 1 часа до 1 дня)	Длительный (> 1 дня)
2.2	Острое действие вещества (веществ)	Отсутствует	Потенциальное	Вероятное
2.3	Местоположение	Промышленная зона	Безопасное расстояние промышленных объектов от жилой застройки	Близость селитебной (жилой) зоны
2.4	Коэффициент разбавления сточных вод в принимающем водоеме	Высокий (более 1000))	Обычный	Низкий (менее 10)

Источник: [2]

Окончательная оценка вероятности или последствий риска основывается на сочетании всех факторов. Суммарный результат оценки данных факторов представлен на диаграмме в форме соотношения между вероятностью и серьезностью последствий превышения НДВ/НДС. Комбинации этих факторов определяются в каждом конкретном случае. В зависимости от положения результата на сетке, служащей для анализа на основе оценки риска (рисунок 1.1), выбираются соответствующие условия мониторинга для рабочего режима технологического процесса.



Рисунок 1.1. Режим мониторинга в зависимости от риска превышения НДВ.

В случае выбросов в атмосферу подход, приведенный в таблице 1.1., необходимо адаптировать с учетом таких типичных факторов, как мощность и функционирование системы очистного оборудования, риск аварий, неорганизованные выбросы (выбросы летучих или легких пылевидных веществ в атмосферный воздух, образующиеся в

штатном режиме). Неорганизованные выбросы как результат особенностей конструкций оборудования (например, фильтров, сушилок и т.д.), условий эксплуатации (например, во время передачи материала между оборудованием), типа операции (например, технического обслуживания), постепенного перехода в другие среды (например, в охлаждающие или сточные воды). Соответствующие режимы мониторинга выбросов в атмосферный воздух также должны быть адаптированы и дифференцированы следующим образом.

Оценка общего риска, связанного с (потенциальными) выбросами от установки в окружающую среду, и согласовывать частоту и объем режима мониторинга с этим риском. Данные аспекты программы мониторинга определяются путем рассмотрения и объединения нескольких индивидуальных факторов риска. Оценка общего риска оценивается, например, как несущественные, важные или критические.

Примеры факторов риска, которые следует учитывать, включают следующие (IMPEL Network, 2001):

размер и тип установки, которые определяют ее воздействие на окружающую среду ;

сложность источников (количество и разнообразие, характеристики источников, например, площадь источников, организованные выбросы, аварийные выбросы);

сложность процесса, что может увеличить количество потенциальных неисправностей;

частота переключения процессов, особенно на многоцелевых химических заводах;

возможные опасности, связанные с типом и количеством входящего сырья и топливных материалов;

возможное воздействие на окружающую среду и здоровье населения в результате выбросов с учетом типов загрязняющих веществ и их скорости выброса, а также потенциального отказа оборудования;

стабильность выбросов;

близость источника выбросов к чувствительным объектам окружающей среды;

наличие опасных природных явлений, таких, как геологические, гидрологические, метеорологические или морские факторы;

прошлые показатели установки и управление ею;

степень обеспокоенности общественности.

Пример существующего подхода, основанного на оценке риска, представлен в Руководстве Нидерландов по выбросам в атмосферу [3]. Данный подход основан на оценке корректности функционирования очистного оборудования, риска выхода из строя, возникновения неисправности техник по снижению выбросов или нарушения работоспособности мер, интегрированных в технологический процесс. Вредность выбросов, которая возникает при выходе из строя техник по снижению выбросов, выражается в виде контрольного значения массового расхода. Контрольное значение

основано на системе классификации и варьируется для разных веществ в зависимости от их вредности для окружающей среды. Разделив диагностические эмиссии в г/ч (эмиссии для детектирования неисправностей) на контрольное значение массового расхода в г/ч, или определить коэффициент отказов. На основе коэффициента отказов определяется режим мониторинга.

1.3.2. Методы измерений при контроле выбросов

Для мониторинга определенного параметра используется несколько подходов, включая [4]:

1. Прямые измерения:

непрерывные измерения;

периодические измерения;

комплексные измерения.

2. Косвенные методы:

замещающие параметры;

массовые балансы;

коэффициенты выбросов;

другие расчеты.

Выбор варианта проведения мониторинга между прямыми измерениями и косвенными методами определяется несколькими факторами, такими, как требуемая точность, расходы, простота и оперативность, надежность, включая вероятность превышения эмиссий МЗВ по технологическим показателям, определенных в заключениях по НДТ, а также НДВ/НДС, а также требования действующего законодательства Республики Казахстан.

Директива о промышленных выбросах 2010/75/ЕС и национальные справочники по НДТ, а также заключения к ним определяют требования к подходу проведения мониторинга, который используется для конкретных установок и/или технологических процессов, например, обязательное использование соответствующих стандартов или требование непрерывных измерений.

1.3.2.1. Прямые измерения

Прямые измерения подразделяются на два основных типа по частоте проведения мониторинга:

непрерывные измерения;

периодические измерения.

Частота мониторинга анализируемого параметра может варьироваться в широких пределах в зависимости от конкретных потребностей оператора объекта и экологических рисков, а также с учетом соответствия требованиям экологического законодательства. Положения о мониторинге являются неотъемлемой частью заключений по НДТ, обязательных к применению при получении КЭР.

Выбор подхода к мониторингу (прямые измерения или косвенные методы) определяется следующими соображениями:

соответствие цели, т.е. подходит ли метод для достижения целей;

законодательные требования;

наличие средств и опыта для проведения прямых измерений (например, аккредитованная лаборатория с подходящим техническим оборудованием и квалифицированным персоналом).

Таблица 1.2. Основные характеристики прямых измерений при периодическом и непрерывном мониторинге с помощью АСМ

№ п/п	Характеристика	Непрерывный мониторинг	Периодический мониторинг
1	2	3	4
1	Период отбора проб	Мониторинг охватывает весь или почти весь период, в течение которого вещества выбрасываются	Профиль эмиссий загрязняющих веществ, соответствующий отдельным периодам измерений
2	Оперативность (скорость) получения результатов	Вывод результатов в режиме реального времени	Результаты в реальном времени при использовании инструментальных анализаторов; отсроченные результаты, если используется ручной метод с лабораторным конечным методом
3	Усреднение результатов	Результаты постоянно усредняемые за каждые 20-минут (с учетом периодичности, определенной в заключениях по НДТ)	Результаты получают в среднем за период измерения, на основании графика внутренних проверок
4	Поверка и возможность отслеживания	АСМ требует поверки по стандартному эталонному методу и с использованием сертифицированных эталонных образцов	Для периодического мониторинга допускается использовать стандартные эталонные методы, приборы, поверенные с помощью поверочных газовых смесей.
5	Капитальные затраты	Как правило выше, чем стоимость оборудования	

		для периодического мониторинга	Как правило ниже, чем стоимость АСМ
6	Операционные расходы	Имеет тенденцию быть ниже, чем периодический подход, так как обычно не требует больших трудозатрат. Требуется только плановое техническое обслуживание и калибровочные работы	Как правило, выше, чем при использовании АСМ, поскольку требует больших затрат ручного труда. Квалифицированный персонал находится на объекте в течение всего периода мониторинга
7	Метрологическая аттестация/утверждение типа средств измерений/ измерительного оборудования	Необходима метрологическая аттестация/ утверждение типа средств измерений в Государственном научном метрологическом центре	При использовании мобильного (портативного) инструментального оборудования необходима его метрологическая аттестация в Государственном научном метрологическом центре
8	Аккредитация системы мониторинга	Обеспечение качества поверки и технического обслуживания АСМ рассматривается в EN 14181 (Европейским комитетом по стандартизации) или в рамках национальных нормативно-правовых и нормативно-технических документов	Организации, проводящие измерения, должны быть аккредитованными в Национальном центре аккредитации и соответствовать требованиям нормативных документов к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

Источник: [5]

1.3.2.2. Косвенные методы

В рамках ПЭК оператор объекта имеет возможность проводить мониторинг, используя косвенные методы, основанные на оценках, которые получают, например, путем использования замещающих (косвенных/суррогатных) параметров, расчетов материальных балансов или коэффициентов пересчета выбросов и сбросов, или сочетание инструментальных замеров и расчетных подходов.

Выбор подхода к мониторингу проводится на основании соответствия:

поставленной цели;

установленным законом требованиям;

производственных объектов и квалификации персонала.

1.3.2.2.1. Замещающие параметры

Замещающие параметры – это измеримые и исчисляемые величины, которые допустимы к прямому или косвенному сопоставлению с результатами общепринятых прямых измерений загрязняющих веществ. В качестве примера можно привести измерение мутности вместо контроля за содержанием взвешенных веществ в сточных водах, если использование косвенного параметра разрешено к использованию экологическим разрешением.

При рассмотрении возможности использования косвенного параметра для определения величины другого, целевого параметра следует показать, четко определить и отразить в соответствующей документации соотношение (взаимосвязь) между косвенным показателем и собственно целевым параметром.

Косвенный параметр может оказаться полезным для целей ПЭК только в следующих случаях:

когда косвенный параметр тесно связан (коррелирует) с искомым (целевым) прямым параметром;

когда определение косвенного параметра является более рентабельным (экономичным) и простым, чем определение прямого параметра, или с его помощью необходимые данные получаются с большей частотой;

пределы косвенного параметра определения соответствуют установленным значениям.

Ключевые преимущества использования косвенных параметров:

простота и надежность измерений или расчетов;

сокращение издержек;

более высокая частота мониторинга при тех же или меньших затратах;

большее количество точек измерений/отбора проб при тех же или меньших затратах ;

возможность обнаружения условий, отличных от нормальных, например, изменение температуры горения для предупреждения о потенциальном увеличении выбросов диоксинов;

меньшее нарушение, дестабилизация технологического процесса по сравнению с прямыми измерениями;

более разностороннее применение, в части, измерения температур является подходящим для оценки нескольких вопросов, таких, как энергоэффективность, выбросы загрязняющих веществ, технологический процесс и контроль сырья.

К основным недостаткам использования косвенных параметров относятся следующие:

получение (в некоторых случаях) только относительной, а не абсолютной величины ;

достоверность потенциально ограничена определенным диапазоном рабочих условий эксплуатации;

потенциально более низкое доверие общественности к косвенным параметрам по сравнению с прямыми измерениями;

в некоторых случаях более низкая точность измерений по сравнению с прямыми измерениями;

невозможность их использования в правовых процедурах.

Применение косвенных параметров не всегда возможно, и оно может быть оправдано только в отношении некоторых условий технологического процесса.

Косвенные параметры условно подразделены на три категории в зависимости от степени корреляции (взаимосвязи) между интересующим параметром выбросов и косвенным параметром:

количественные косвенные параметры;

качественные косвенные параметры;

индикаторные косвенные параметры.

Количественные косвенные параметры дают надежную количественную картину параметров выбросов/сбросов и их измерение заменяет собой прямые измерения.

Качественные косвенные параметры дают надежную качественную информацию о составе выбросов.

Индикаторные косвенные параметры дают информацию об эксплуатации установки или ходе технологического процесса и, соответственно, ориентировочные данные о выбросах/сбросах.

Параметры токсичности – особая группа косвенных параметров. Измерение токсичности означает определение количества вещества в водной или воздушной среде , действуя в которой оно вызывает различные формы токсического процесса.

1.3.2.2.2. Метод материальных балансов

Мониторинг материальных балансов является методом, позволяющим учитывать поступление, накопление, производство, выход, а также генерирование или разрушение рассматриваемых веществ. Выбросы и сбросы в окружающую среду и технологические остатки рассчитываются на основе разницы в балансе. Материальные балансы используются для оценки выбросов, сбросов и образования технологических остатков от производственного объекта, процесса или технологического подразделения. Материальные балансы используются только в случае, когда определены точные значения поступления и удаления материалов и их количественные параметры.

Использование метода материального баланса является полезным инструментом для анализа уровней эмиссий в атмосферу и поглощения, например, баланс ртути на хлорно-щелочной установке с ртутными элементами.

1.3.2.2.3. Коэффициенты выбросов/сбросов (факторы эмиссии)

Коэффициенты выбросов/сбросов (удельные выбросы и сбросы) – это численные коэффициенты, которые умножаются на уровень производительности технологического процесса или на пропускную способность промышленной установки

(например, выпуск продукции, водопотребление и т.п.) с целью определения уровня выбросов и сбросов предприятия. Данные коэффициенты используются в предположении о том, что все промышленные установки, выпускающие аналогичную продукцию посредством однотипных технологических процессов, имеют сходные характеристики выбросов и сбросов. Коэффициенты выбросов/сбросов широко используются для определения уровня природоохранных платежей для малых промышленных установок, а также неорганизованных выбросов.

Коэффициенты выбросов/сбросов обычно определяются по результатам тестирования определенных типов технологического оборудования, конкретного источника (например, котлов, работающих на определенном виде топлива).

В практике, международный стандарт EN ISO 11771: 2010 устанавливает общий метод определения и представления усредненных по времени массовых выбросов от конкретной установки или ряда установок (или общего типа источника) с использованием данных, собранных путем измерений, и установления:

интенсивности массовых выбросов путем одновременного измерения концентрации и расхода газа с использованием стандартизированных ручных или автоматических методов, а также оценки неопределенности измерений;

усредненных по времени значения удельного выброса для конкретной установки или ряда установок и связанные с ними характеристики неопределенности;

системы управления качеством для содействия процессу обеспечения и проверки качества инвентаризации.

Основным критерием, влияющим на выбор коэффициента выбросов, является степень сходства между оборудованием или процессом, выбранным при применении коэффициента, и оборудованием или процессом, из которого был получен коэффициент.

Коэффициенты выбросов, полученные на основе измерений для конкретного процесса, иногда используются для оценки выбросов на других установках.

1.3.2.2.4. Иные методы

Теоретические и сложные уравнения или модели используются для оценки выбросов от промышленных процессов. Допускается осуществлять оценку путем расчетов на основе физико-химических свойств вещества (например, давления пара) и физико-химических соотношений (например, закона идеального газа).

Использование моделей и связанных с ними расчетов требует наличия всех необходимых соответствующих входных данных. Обычно модели дают разумную оценку в случаях, когда:

Модели основаны на достоверных предположениях, как показали предыдущие проверки;

присущая им неопределенность достаточно мала;

рядом с ними представлены соответствующие результаты анализа чувствительности;

объем модели соответствует рассмотренному случаю;

исходные данные надежны и соответствуют условиям установки.

1.4. Обеспечение качества данных

Обеспечение качества данных является неотъемлемой частью процесса мониторинга и имеет решающее значение для получения достоверной и полезной информации. Надежные данные позволяют проводить объективные анализы и оценивать эффективность различных методов контроля выбросов.

Качество данных также влияет на принятие решений относительно допустимых уровней выбросов, предотвращения аварий и прочее. Если данные ненадежны или неточны, возникает риск принятия неправильных решений, которые негативно влияют на окружающую среду и здоровье населения.

Важность обеспечения качества данных проявляется на протяжении всей цепочки производства, начиная от сбора и записи информации до ее обработки и анализа. Даже самые передовые методы мониторинга становятся бесполезными, если данные, на которых они основаны, недостоверны или некачественны.

Обеспечение качества данных является неотъемлемой частью любого типа мониторинга и играет ключевую роль в принятии решений и предотвращении неблагоприятных последствий для окружающей среды и общества.

Лаборатории, проводящие испытания, поверку, калибровку измерительных систем, необходимо пройти аккредитацию, валидацию методов обработки данных, оценки неопределенности измерений и представления результатов в соответствии с действующим законодательством Республики Казахстан. Аккредитация обеспечивает единую интерпретацию стандартов и гарантирует качество измерений и получаемых данных, что важно для обеспечения надежности и достоверности результатов измерений и повышения доверия к полученным данным.

К важнейшим требованиям к результатам измерений содержания загрязняющих веществ в промышленных выбросах относятся объективность, достоверность и точность, поскольку практическая значимость этих измерений и системы производственного экологического мониторинга в целом определяется степенью доверия к результатам измерений и возможностью их сравнения с результатами других предприятий, секторов, регионов, т.е. их сопоставимостью. Объективность информации обеспечивается применением автоматических средств измерений, работающих в непрерывном режиме при отсутствии влияния человеческого фактора. Достоверность определяется применением комплекса средств и методов, обеспечивающих метрологическую прослеживаемость результатов измерений к первичным эталонам соответствующей физической величины.

Проблема сопоставимости результатов измерений содержания загрязняющих веществ в сложных газовых средах, отличающихся к тому же для различных источников значениями таких параметров, как содержание паров воды, температура, давление и пр., решается путем приведения результатов измерения к нормальным условиям (как правило это температура 0 °С, давление 101,325 кПа, сухой газ, содержание кислорода, рекомендованное в соответствующих отраслевых справочниках по НДТ).

Для того, чтобы данные, содержащиеся в отчетах, могли использоваться в процессе принятия решений, они должны быть доступными и корректными (в пределах указанной погрешности).

1.5. Учет условий измерений при нормальном эксплуатационном режиме и при отличных от нормальной эксплуатационной нагрузки

Для непрерывных измерений результаты мониторинга будут охватывать как нормальные условия работы, нормальный эксплуатационный режим (NOC – normal operation conditions), так и отличные от нормальных условий работы, эксплуатационной нагрузки (OTNOC – Other Than Normal Operation Conditions). Следовательно, критерии для классификации различных условий эксплуатации установки должны быть установлены заранее, чтобы значения могли быть усреднены отдельно для NOC и, при необходимости, также для OTNOC, если результаты находятся в пределах определенного (калибровочного) диапазона. Это гарантирует, что указанные средние значения относятся только к сопоставимым условиям эксплуатации.

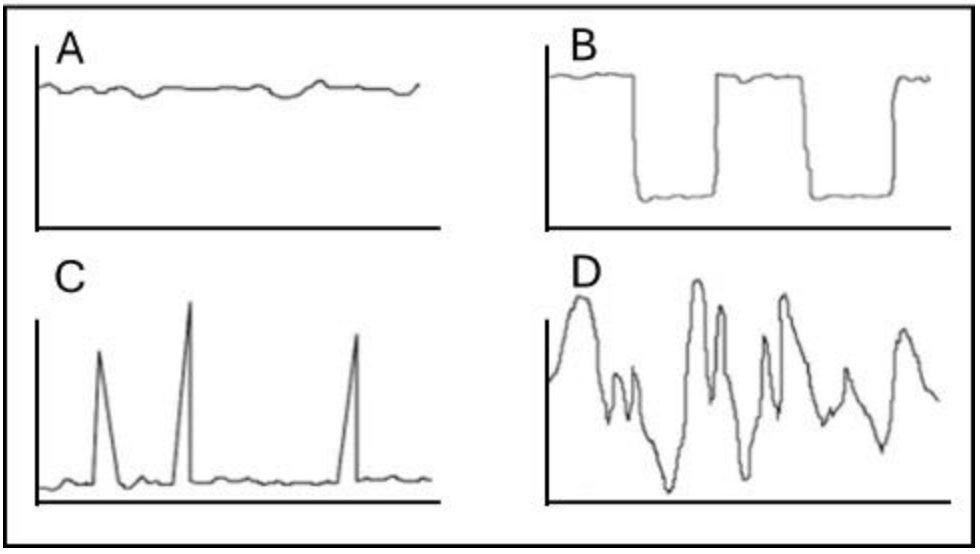


Рисунок 1.2. Примеры того, как уровни выбросов могут меняться с течением времени. Источник: [6]

В примерах, приведенных на рисунке 1.2, NOC и OTNOC и соответствующий режим мониторинга можно резюмировать следующим образом:

1. Процесс A представляет собой очень стабильный процесс. Предполагающий преобладание нормальной эксплуатационной нагрузки (NOC). Результаты измерений будут одинаковыми независимо от того, когда они проводились. Дополнительные периодические измерения осуществляются с минимальной частотой.

2. Процесс B представляет собой пример с чередующимися, но стабильными высокими и низкими уровнями выбросов, которые типичны для циклических или периодических процессов. Предполагая, что весь процесс представляет собой нормальную эксплуатационную нагрузку с двумя различными уровнями выбросов.

Выбранный подход к мониторингу будет зависеть от продолжительности отдельных фаз выбросов и конкретных требований разрешения.

Если проводятся непрерывные измерения выбросов, легко количественно определить общий средний уровень выбросов, с учетом уровня выбросов для каждой отдельной фазы (например, мониторинг на каждом газоходе).

Если проводятся периодические измерения, необходимо заранее уточнить, следует ли определять общий средний уровень выбросов (например, для оценки нагрузок) или уровень выбросов для каждой отдельной фазы. В данном случае целесообразно проводить измерения во время двух разных фаз выбросов параллельно.

3. Процесс C представляет собой относительно стабильный процесс со случайными короткими, но высокими пиками. Данная ситуация может состоять из регулярных пиков, которые всегда возникают после определенной меры, например, во время запуска процесса либо его остановки.

При определении требований к мониторингу следует учитывать вклад пиков в общий выброс и их потенциальное воздействие на окружающую среду.

Непрерывные измерения охватывают как пики, так и промежуточные периоды и позволяют различать нормальный эксплуатационный режим и отличный от нормального эксплуатационного режима.

4. Процесс D представляет собой очень изменчивый процесс и при этом необычное рабочее состояние (отличное от нормальных условий работы).

В данном случае целесообразным считается проведение непрерывных измерений.

Маловероятно, что периодические измерения будут использоваться для выбросов такого типа. Только в том случае, если вклад в общие выбросы установки очень низок, или если, несмотря на колебания, ожидается, что уровни выбросов будут постоянно ниже НДВ, может оказаться целесообразным разработать план измерений, который гарантирует выполнение измерений в периоды самых высоких уровней выбросов.

1.6. Правовая основа для контроля промышленных выбросов

Реализация требований по оснащению стационарных источников выбросов I категории АСМ в принятых законодательных актах невозможна без разработки и

принятия комплекса нормативно-правовых и нормативно-технических документов, в которых сформулированы основные технические и метрологические требования к АСМ, средствам и методам их испытания и поверки, техническим средствам фиксации и передачи информации в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Проведение операторами объектов мониторинга эмиссий в окружающую среду регулируется нормами экологического законодательства , в том числе утвержденными [33].

2. Методология определения наилучших доступных техник

Процедура определения наилучших доступных техник для области применения настоящего справочника по НДТ организована НАО "Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов" в лице Бюро НДТ (далее – Центр) и технической рабочей группой по вопросам разработки справочника по НДТ " Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты" в соответствии с положениями Правил.

2.1. Детерминация, принципы подбора

Детерминация техник в качестве наилучших доступных основывается на принципах и критериях в соответствии с требованиями Экологического кодекса. Методология определения техники в качестве наилучшей доступной основывается на подборе и сравнении альтернативных техник, принятых в качестве техник-кандидатов в наилучшие доступные техники, обеспечивающих исполнение целей предприятия и государственных уполномоченных органов в области охраны окружающей среды. Определение техник-кандидатов основывается на результатах комплексного технологического аудита и анализе международного опыта с учетом необходимости обоснованной адаптации к климатическим, экономическим, экологическим условиям и топливной базе Республики Казахстан, обуславливающим техническую и экономическую доступность наилучших доступных техник в области применения.

Принципы подбора наилучших доступных техник основываются на соблюдении последовательности действий технических рабочих групп и заинтересованных сторон по учету и анализу критериев определения техник в качестве наилучших доступных техник:

1. Определение ключевых экологических проблем для отрасли с учетом эмиссий маркерных загрязняющих веществ.

Метод определения перечня маркерных веществ основывался преимущественно на изучении проектной, технологической документации и сведений, полученных в ходе проведенного КТА предприятий в области применения справочника по НДТ.

Из перечня загрязняющих веществ, присутствующих в эмиссиях основных источников загрязнения, был определен перечень маркерных веществ при условии их соответствия следующим характеристикам:

вещество характерно для рассматриваемого технологического процесса (вещества, обоснованные в проектной и технологической документации);

вещество оказывает значительное воздействие на окружающую среду и (или) здоровье населения, в том числе обладающее высокой токсичностью, доказанными канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами, кумулятивным эффектом, а также вещества, относящиеся к стойким органическим загрязняющим веществам.

2. Определение и описание техник-кандидатов, направленных на решение экологических проблем отрасли.

При определении техник-кандидатов, направленных на решение экологических проблем отрасли, составляется перечень техник-кандидатов из имеющихся в Республики Казахстан и в мировом сообществе. Далее список ранжируется по возможности применения на существующей и/или на новой установке в условиях Республики Казахстан и указываются аргументированные доводы о возможности или невозможности их применения.

3. Оценка, анализ и сравнение техник-кандидатов в соответствии с критериями, приведенными в п. 2.2 настоящего справочника по НДТ, и на основании установления условий, при которых были достигнуты уровни экологической эффективности, с выявлением перечня техник, удовлетворяющих критериям наилучших доступных техник.

При оценке, анализе и сравнении техник-кандидатов в наилучшие доступные техники соблюдается следующая последовательность действий:

1) для установленных техник проводится оценка качества контроля за эмиссиями и последующим уровнем воздействия на различные компоненты окружающей среды, уровнем потребления различных ресурсов и материалов;

2) оценка при наличии необходимой информации затрат на внедрение техник и содержание оборудования, возможные льготы и преимущества после внедрения техник , период внедрения;

3) по результатам оценки из установленных техник основного технологического процесса выбираются техники:

обеспечивающие контроль эмиссий, предотвращение или снижение воздействия на компоненты окружающей среды;

внедрение которых приведет к должному уровню контроля эмиссий и как следствие существенному уменьшению объемов выбросов других загрязняющих веществ, сбросов загрязненных сточных вод, потребления ресурсов, иных видов негативного воздействия на окружающую среду и уменьшению риска для здоровья населения выше приемлемого или допустимого уровня;

внедрение которых не приведет к чрезмерным материально-финансовым затратам (с учетом возможных льгот и преимуществ при внедрении);

имеющие приемлемые сроки внедрения.

4. Определение уровней наилучшей экологической результативности, обеспечиваемой наилучшей доступной техникой (включая технологические показатели эмиссий, связанные с НДТ).

Термин "наилучшие доступные техники" определен в ст. 113 Экологического кодекса [1].

Под наилучшими доступными техниками понимается наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Под техниками понимаются как используемые технологии, так и способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, применяемые к проектированию, строительству, обслуживанию, эксплуатации, управлению и выводу из эксплуатации объекта.

Техники считаются доступными, если уровень их развития позволяет внедрить такие техники в соответствующем секторе производства на экономически и технически возможных условиях, принимая во внимание затраты и выгоды, вне зависимости от того, применяются ли или производятся ли такие техники в Республике Казахстан, и лишь в той мере, в какой они обоснованно доступны для оператора объекта.

Под наилучшими понимаются те доступные техники, которые наиболее действенны в достижении высокого общего уровня охраны окружающей среды как единого целого.

Применение наилучших доступных техник направлено на комплексное предотвращение загрязнения окружающей среды, минимизацию и контроль негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Под областями применения наилучших доступных техник понимаются отдельные отрасли экономики, виды деятельности, технологические процессы, технические, организационные и управленческие аспекты ведения деятельности, для которых в соответствии с Экологическим кодексом определяются наилучшие доступные техники.

2.2. Критерии отнесения техник к НДТ

В соответствии с п. 3 ст. 113 Экологического кодекса критериями определения наилучших доступных техник являются:

1) использование малоотходной технологии;

2) использование менее опасных веществ;

3) способствование восстановлению и рециклингу веществ, образующихся и используемых в технологическом процессе, а также отходов, насколько это применимо ;

4) сопоставимость процессов, устройств и операционных методов, успешно испытанных на промышленном уровне;

5) технологические прорывы и изменения в научных знаниях;

6) природа, влияние и объемы соответствующих эмиссий в окружающую среду;

7) даты ввода в эксплуатацию для новых и действующих объектов;

8) продолжительность сроков, необходимых для внедрения наилучшей доступной техники;

9) уровень потребления и свойства сырья и ресурсов (включая воду), используемых в процессах, и энергоэффективность;

10) необходимость предотвращения или сокращения до минимума общего уровня негативного воздействия эмиссий на окружающую среду и рисков для окружающей среды;

11) необходимость предотвращения аварий и сведения до минимума негативных последствий для окружающей среды;

12) информация, опубликованная международными организациями;

13) промышленное внедрение на двух и более объектах в Республике Казахстан или за ее пределами.

Обеспечением соблюдения принципов Экологического кодекса при определении техники в качестве НДТ является условие сочетания указанных критериев, выражаемое в соблюдении следующих условий для каждой техники, которая является кандидатом в наилучшую доступную:

1) наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду;

2) экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации;

3) применение ресурсо- и энергосберегающих методов;

4) период внедрения техники;

5) промышленное внедрение техники на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду

При установлении условия обеспечения техникой-кандидатом наименьшего уровня негативного воздействия на окружающую среду рассматривается два показателя:

1) опасность используемых и (или) образующихся в технологических процессах веществ для атмосферы, почвы, водных систем, человека, других живых организмов и экосистем в целом;

2) характер негативного воздействия и значения эмиссий загрязняющих веществ в составе выбросов и сбросов.

При определении опасности используемых и (или) образующихся в технологических процессах веществ проводится инвентаризация эмиссий загрязняющих веществ в составе выбросов и сбросов, их объемов (масса), а также объемов и характеристик отходов. При оценке опасности используемых и (или)

образующихся в ходе технологических процессов загрязняющих веществ устанавливаются маркерные загрязняющие вещества, выделяющиеся в атмосферу, поступающие в водные объекты, в промежуточные продукты и отходы.

Выбор маркерных веществ основывается на установлении следующих характеристик:

вещество характерно для рассматриваемого технологического процесса;

вещество присутствует в эмиссиях постоянно и в значимых концентрациях;

вещество оказывает значительное воздействие на окружающую среду;

метод определения вещества является доступным, воспроизводимым и соответствует требованиям обеспечения единства измерений;

количественным критерием для определения маркерных веществ является их наибольший совокупный вклад в общем объеме выбросов загрязняющих веществ.

Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации техники

При установлении условий для обеспечения экономической эффективности проводится оценка затрат на внедрение, эксплуатацию техники и выгоду от ее внедрения путем применения метода анализа затрат и выгод. Если внедрение различных техник дает положительные результаты, то техникой с самой высокой результативностью считается та, которая дает наилучшее соотношение "цена/качество" и, соответственно, демонстрирует наилучшие экономические показатели среди рассматриваемых техник. Данный метод анализа требует более широкого охвата данных, где данные по выгодам/затратам сложно представить в денежной форме.

Проведение анализа инкрементального денежного потока, возникающего в результате разницы денежных потоков "до" и "после" внедрения техники, позволяет провести экономический анализ, который наиболее знаком большинству предприятий.

Альтернативой методу анализа затрат и выгод служит анализ эффективности затрат , используемый для определения наиболее предпочтительных для достижения определенной экологической цели при самой низкой стоимости мероприятий. Ранжирование техник-кандидатов НДТ по мере возрастания их экономической эффективности позволяет исключить варианты, которые необоснованно и неоправданно дороги по сравнению с полученной экологической выгодой.

Экономическая эффективность техники определяется согласно формуле:

экономическая эффективность = годовые затраты, теңге/сокращение эмиссий, т/год.

Методология расчета затрат устанавливает алгоритм, позволяющий собрать и проанализировать данные о капитальных затратах и эксплуатационных издержках для сооружения, установки, технологии или процесса с учетом экономической эффективности внедрения и эксплуатации.

Основные этапы оценки приведены на рисунке 2.1.

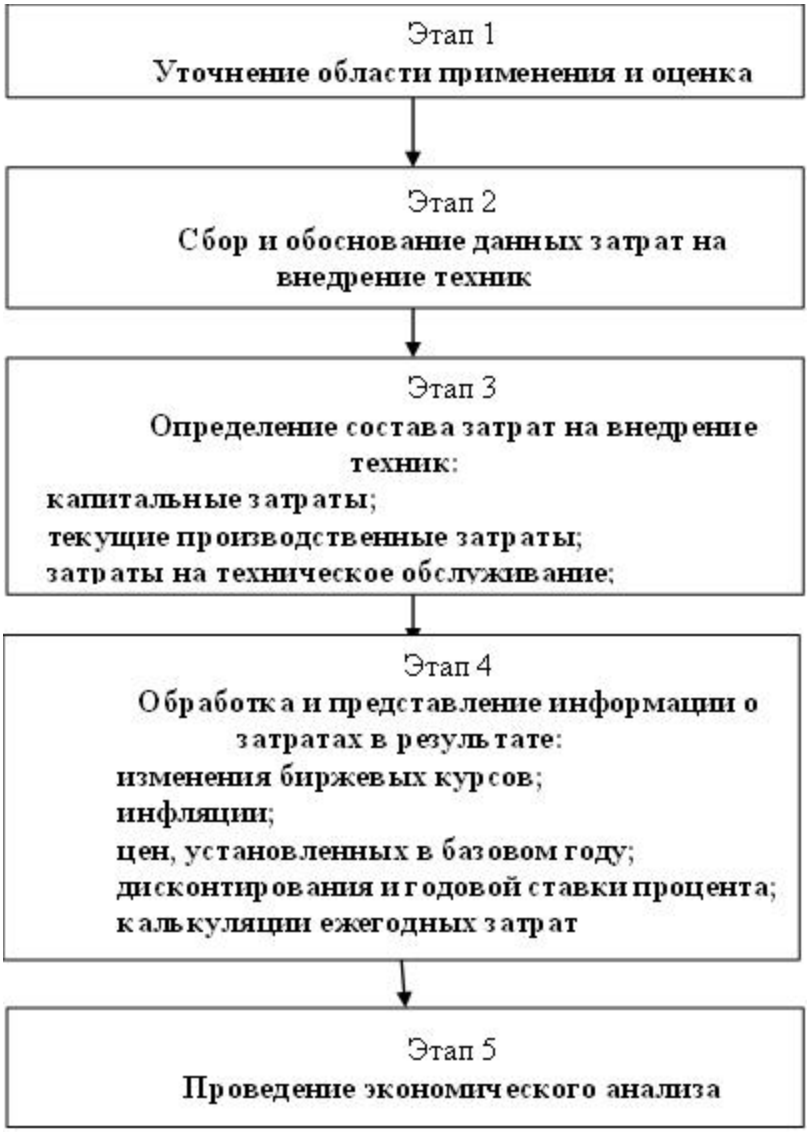


Рисунок 2.1. Этапы оценки экономической эффективности внедрения и эксплуатации техники.

В ходе проведения экономического анализа внедрения НДТ рассматриваются:

1) опыт предыдущего успешного использования в промышленном масштабе сопоставимых техник;

2) информация об известных авариях, связанных с внедрением и эксплуатацией данной техники на производстве;

3) географические факторы климата внедрения техник (расположение относительно источников энергии, ее доступность, логистические цепочки), а также технологические ограничения, связанные с региональными физико-географическими и геологическими условиями и наличием особо охраняемых природных территорий, памятников культуры и объектов рекреации.

Для проведения оценки техники-кандидата определяется структура затрат с выделением капитальных затрат (на строительство сооружений, приобретение и

монтаж оборудования) и эксплуатационных. В эксплуатационных затратах выделяются затраты на техническое обслуживание и ремонт, энергоносители, материалы и услуги, затраты на оплату труда.

По итогам сбора информации о затратах проводится обработка данных для обеспечения дальнейшего объективного сравнения рассматриваемых альтернативных вариантов.

Период внедрения техники

Для оценки времени внедрения техники используется период окупаемости определенной техники в сравнении с затратами, относящимися к обеспечению охраны окружающей среды. Проводится оценка скорости внедрения техники. Рекомендуется раздельно рассматривать скорости внедрения техник следующих временных масштабов:

краткосрочный (от нескольких недель до месяцев);

среднесрочный (от нескольких месяцев до года);

долгосрочный (обычно составляет несколько лет).

Выбор времени модернизации основывается на плановой замене существующего оборудования. Оценивая скорость (период) внедрения НДТ, рекомендуется также проанализировать предельные затраты на модернизацию. Для НДТ, которые требуют существенных инвестиционных капитальных затрат или значительных модификаций производственных процессов и инфраструктуры, представляется необходимым предусматривать более длительные периоды их внедрения.

Применение ресурсо- и энергосберегающих методов

При анализе применения ресурсо- и энергосберегающих методов учитываются требования и положения существующих нормативно-правовых документов в области энерго- и ресурсосбережения. Целью анализа является установление техник, которые характеризуются (среди рассматриваемых) лучшими показателями энерго- и ресурсосбережения.

Проводится сравнительный анализ техник по потреблению основных ресурсов, принимая во внимание:

1) потребление энергии:

общий уровень энергопотребления и для различных (основных, вспомогательных и обслуживающих) технологических процессов (с оценкой основных возможностей его снижения);

вид и уровень использования топлива;

2) потребление воды:

технологические процессы, в которых используется вода;

общий объем потребления и для технологических процессов (с оценкой возможностей его снижения или повторного использования);

назначение воды (промывная жидкость, хладагент и т. д.);

наличие систем повторного использования воды;

3) объем потребления сырья и вспомогательных материалов (реагентов и т. п.) с оценкой возможностей их повторного использования.

После сравнительного анализа определяется возможность регенерации и рециклинга веществ и рекуперации энергии, использующихся в технологическом процессе.

В качестве основных показателей энергоэффективности и ресурсосбережения, применяемых для сравнительной оценки рассматриваемых техник, используются (при регламентированных условиях эксплуатации оборудования) показатели – удельные расходы электроэнергии, тепла, топлива, воды, различных материалов: фактические затраты того или иного ресурса (электроэнергия, тепло, вода, реагенты и иное) на единицу продукции или оказываемой услуги, выражаемые, например, для электроэнергии в кВт-ч на 1 объема продукции или оказываемой услуги, для тепловой энергии – в Гкал/объем продукции или оказываемой услуги, для воды – в м3/объем продукции или оказываемой услуги и т.д.

Ресурсосбережение (сбережение энергии и материалов) оценивается также с точки зрения возможности реализации соответствующих правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование и экономное расходование топливноэнергетических и других материальных ресурсов. Потенциал ресурсосбережения реализуется через конкретные энерго- и ресурсосберегающие мероприятия, которые можно разделить на организационно-технические, предполагающие повышение культуры производства, соблюдение номинальных режимов эксплуатации оборудования, обеспечение оптимального уровня загрузки агрегатов, ликвидацию прямых потерь топливно-энергетических ресурсов, своевременное выполнение наладочных и ремонтно-восстановительных работ, использование вторичных энергоресурсов (включая утилизацию низкопотенциального тепла вентиляционных выбросов, процессы регенерации и рекуперации энергии), оснащение приборами учета используемых энергетических и других ресурсов, и инвестиционные, связанные с своевременным замещением морально устаревших производственных мощностей (производственных узлов), внедрением современного энергоэффективного и энергосберегающего оборудования, модернизацией и автоматизацией существующих технологических процессов.

Любое возможное преобразование технологического процесса и (или) используемого оборудования, влекущее за собой уменьшение удельного расхода энерго- и других ресурсов на единицу объема продукции или оказываемой услуги, особенно при снижении (или при существующем уровне выбросов и сбросов вредных

веществ) оценивается как повышение его энергоэффективности и ресурсосбережения (с учетом экономической эффективности и технологической надежности данного преобразования).

2.3. Экономические аспекты внедрения НДТ по мониторингу эмиссий

2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ

НДТ, порядок их применения, преимущества и недостатки, как правило, широко известны в отраслевом сообществе. НДТ считается приемлемой, если есть однозначные свидетельства/примеры результатов ее успешной промышленной эксплуатации. Странами ЕС при определении НДТ учитываются только технологии, уже вышедшие на промышленную эксплуатацию, и природоохранная эффективность которых подтверждена практически.

Детальный экономический анализ использования НДТ является дополнительным критерием для принятия решения о возможности или отказе от внедрения НДТ, когда существуют достаточные основания полагать, что НДТ является чрезмерно затратной.

По результатам общей эколого-экономической оценки НДТ ранжируются:

экономически эффективные – когда техника сокращает расходы, дает экономию денежных средств и/или незначительно влияет на себестоимость продукции/услуг и приносит ощутимую экологическую пользу;

экономически эффективные при определенных условиях – когда техника приводит к увеличению затрат, но дополнительные расходы считаются приемлемыми для экономических условий предприятия и находятся в разумной пропорции к полученным экологическим выгодам;

экономически неэффективные – когда техника приводит к увеличению затрат и дополнительные расходы не считаются приемлемыми для экономических условий предприятия или несоразмерны полученным экологическим выгодам.

При выборе между несколькими альтернативными НДТ проводится сравнение удельных показателей эколого-экономической эффективности НДТ для определения наименее затратных.

В целом, переход на принципы НДТ осуществляется на экономически приемлемых для предприятия условиях, не снижать его экономическую эффективность и не ухудшать критически финансовое состояние в прогнозируемом периоде. Общая экономическая эффективность и возможность реализации НДТ определяется финансово-экономическими условиями конкретного предприятия.

При экономической оценке НДТ, приводящих к фундаментальным изменениям в отрасли, также принимаются во внимание вопросы возможности реализации проектов НДТ в целом по отрасли с учетом сохранения текущего уровня эффективности и рентабельности производства в долго-, средне- и краткосрочной перспективе. НДТ

признана применимой на отраслевом уровне, если возможность ее реализации, с учетом общих финансовых затрат и экологических выгод, существует в масштабе, достаточном для широкого внедрения в данной отрасли.

Для НДТ с особыми условиями реализации, требующими значительных капитальных инвестиций, определен разумный баланс между запросом гражданского общества на реализацию природоохранных мероприятий в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека и инвестиционными возможностями оператора объекта. Ответственность за доказательство условий, по которым к процессу внедрения НДТ применен особый режим, несет оператор объекта.

2.3.2. Способы экономической оценки НДТ

Экономическая оценка эффективности внедрения НДТ осуществляется различными способами:

по инвестиционной обоснованности затрат;

по анализу затрат и выгод;

по отношению затрат к ряду ключевых показателей деятельности: оборот, операционная прибыль, физический объем продукции, добавленная стоимость и другое (при доступности соответствующих данных);

по соотношению затрат и достигаемого экологического эффекта.

Каждый из способов экономической оценки отражает результат реализации мероприятий по охране окружающей среды на различные аспекты производственно-экономической и природоохранной деятельности предприятия и является дополнительным источником принятия решения по НДТ. Оператор объекта применяет наиболее приемлемый, с учетом отраслевой и производственной специфики, способ экономической оценки НДТ или их сочетание.

2.3.3. Инвестиционная обоснованность затрат

Следует понимать, что НДТ (особенно средозащитные) не всегда являются предметом коммерческой деятельности с целью извлечения прибыли и в ходе инвестиционного анализа проекта внедрения НДТ дисконтированные денежные потоки имеют различные (отрицательные, положительные) значения.

Применимость НДТ определяется и инвестиционной обоснованностью затрат на технологии и оборудование, стоимостью капитала, периодом окупаемости, ценами на сырье и материалы и другими факторами.

С точки зрения доходности инвестиций НДТ оцениваются как:

прибыльные – в случае получения дополнительных доходов от их реализации или экономии финансовых средств;

неприбыльные в доходной части, но допустимые с точки зрения текущего или будущего финансового состояния;

неприбыльные и чрезмерные по своим финансовым затратам;

достигающие разумной экологической пользы по сравнению с затратами;

имеющие необоснованно высокие затраты по сравнению с достигнутым экологическим эффектом.

2.3.3.1. Анализ затрат и выгод

Помимо достигаемого экологического эффекта, применение НДТ во многих случаях дает снижение потребления природных и трудовых ресурсов – сырья, топлива, электроэнергии, тепла, воды, рабочего времени персонала и т.д., представленных в денежном выражении. В данном случае оценка НДТ определяется на основе полученных выгод от применения НДТ по сравнению с понесенными издержками.

Кроме того, результатом внедрения НДТ дополнительные источники доходов: продажа очищенных стоков воды для нужд ирригации и орошения, иловых отложений накопителей сельскому хозяйству, уловленные компоненты эмиссии, рециклинг вторичных ресурсов и/или их использование для нового производства, термическая утилизация и т.д.

Общие экономические выгоды использования НДТ могут превысить затраты и стать стимулирующим фактором для ее реализации.

Применение в производственном экологическом контроле АСМ позволяет проводить более точные расчеты воздействия на окружающую среду, автоматизировать формирование отчетности и снизить затраты предприятия на персонал, занятый ручным сбором данных. В частности, внедрение АСМ на металлургическом заводе позволило сократить расходы на производственный экологический контроль на 60 %.

Внедрение АСМ помогает исключить потерю сырья, увеличить маржинальность производственного цикла, своевременно корректировать работу очистных сооружений с целью установления оптимальных параметров производственно-технологического процесса, энергоэффективности, потребляемых ресурсов и уровней выбросов.

Немаловажными аргументом, являются репутационные выгоды операторов объектов, использующих АСМ, как социально ответственного бизнеса, демонстрирующего приверженность принципам устойчивого развития, что может повысить конкурентоспособность предприятий на рынке.

2.3.3.2. Соотношение затрат и ключевых экономических показателей

Для определения целесообразности инвестиций в мероприятия по охране окружающей среды допускается соотношение расходов на АСМ и ряда ключевых производственно-экономических результатов деятельности: валовый доход, оборот, операционная прибыль, физический объем продукции, себестоимость и другое.

При данном анализе возможно применение шкалы справочных значений, полученных по результатам анкетирования предприятий Европейского Союза, которые ранжируют такие соотношения на следующие категории:

приемлемые затраты – если инвестиционные расходы незначительно влияют на ключевые показатели доходности и эти затраты считаются приемлемыми без дальнейшего обсуждения;

обсуждаемые – средние затраты, когда представляется затруднительным или невозможным дать четкую оценку целесообразности инвестиций и результат требует рассмотрения с учетом дополнительных факторов;

неприемлемые затраты – если инвестиции чрезмерны по отношению к ключевым показателям деятельности.

Таблица 2.1. Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды

№ п/п	Соотношение годовых затрат и инвестиций на НДТ к ключевым показателям деятельности	Приемлемые	Обсуждаемые	Неприемлемые
1	затраты/оборот (выручка)	< 0,5 %	0,5 – 5 %	> 5 %
2	затраты/годовой доход (операционная прибыль)	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %
3	затраты/ добавленная стоимость	< 2 %	2 – 50 %	> 50 %
4	начальные инвестиции/общий объем инвестиций	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %

Шкала справочных значений позволяет быстро исключить технологии с явно высокими затратами или определить техники, затраты на внедрение которых являются осуществимыми без какого-либо дополнительного анализа.

В виду большого интервала значений внутри категории "обсуждаемые" значительная часть природоохранных инвестиций может попасть в этот диапазон, что делает их достаточно неопределенными для однозначного вывода об обоснованности вложений. В этом случае, помимо условий, складывающихся на конкретном предприятии, целесообразность инвестиций должна оцениваться с учетом дополнительных отраслевых аспектов, таких, как период реализации проекта по внедрению АСМ, общий уровень инвестиций в производственный экологический мониторинг, текущая рыночная и финансовая ситуация и другое.

Шкала справочных значений рассматривается как оценочный ориентир, применимый в большинстве случаев оценки АСМ, и также может использоваться для

построения диапазонов применения АСМ с учетом финансово-экономического состояния конкретного предприятия.

2.3.3.3. Прирост себестоимости

Существенным фактором для определения применимости АСМ является то, что мониторинг выбросов в результате собственной экономической деятельности в соответствии с экологическим законодательством является необходимым условием для операторов объектов.

Помимо выполнения юридического обязательства, мониторинг эмиссий позволяет принести экономическую выгоду, если он используется для оптимизации производственного процесса.

В таблице 2.2. представлен анализ мирового рынка в соответствующих сегментах, а также прогноз на ближайший период.

Таблица 2.2. Анализ мирового рынка мониторинга

№ п/п	Сегмент	Текущий (миллиарды долларов США)	Прогноз (миллиарды долларов США)	Справочный документ
1	Мониторинг воздуха			
1.1	Мониторинг воздуха (все виды оборудования)	2023: 4,9	2028: 6,9	[7]
1.2		2021: 4,46	2030: 8,12	[8]
1.3		2023: 4,9	2032: 8,8	[9]
1.4	CEMS (системы непрерывного мониторинга выбросов)	2021: 2,94	2030: 6,06	[8]
1.5		2023: 2,90	2030: 8,8	[10]
1.6		2023: 3,2	2028: 5,0	[7]
2	Газоочистное и пылеулавливающее оборудование			
2.1	Оборудование для десульфурации	2023: 21,9	2031: 33,6	[11]
2.2		2021: 19.3	2026: 24,9	[12]
2.3		2021: 19,68	2030: 31,03	[13]
2.4	Рукавные фильтры	2022: 13,79	2032: 25,40	[14]
2.5	Электростатические сепараторы	2022: 8,00	2032: 15,0	[15]
2.6	Денитрификационное оборудование	2023: 4,81	2032: 7,14	[16]
3	Мониторинг воды			
3.1	Тотальный мониторинг качества воды	2022: 5,42	2030: 8,27	[17]

Данные таблицы показывают следующее:

во всех упомянутых сегментах рынка ожидается рост примерно от 5 до 7 % в год;

оценка мирового рынка оборудования для непрерывного мониторинга выбросов в атмосферу (около 3 млрд. долларов США) представляет менее 10 % мирового рынка оборудования для снижения выбросов пыли, SOx и оксидов азота (32 – 38 млрд. долларов США);

если стоимость строительства угольной электростанции установленной мощностью 1000 МВт находится в диапазоне от 1 млрд. до 4,5 млрд. долларов [18], то размер глобального рынка мониторинга АСМ примерно соответствует стоимости строительство одной – трех электростанций.

Мировой рынок мониторинга качества воды сопоставим по размеру с рынком мониторинга качества воздуха, а также включает в себя мониторинг качества питьевой воды.

Анализ цен на системы мониторинга

На мировом рынке доступно большое количество систем АСМ. В список крупнейших игроков рынка систем непрерывного мониторинга выбросов (АСМ) входят: ABB Group, Siemens, Horiba, Sick, Beijing SDL Technology, Focused Photonics, Emerson, CECEP Talroad, Shimadzu, Fuji Electric, Thermo Fisher Scientific, Kontram, Gasmet Technologies Oy, Wayeal, Teledyne Monitor Labs, OPSIS, AMETEK, Cisco, CODEl и т.д.

Капитальные и операционные затраты на системы АСМ обычно не публикуются (производитель сообщает цену по запросу в соответствии с более подробным описанием системных требований). Доступная информация включает в себя данные из таблицы 2.3.

Таблица 2.3. Стоимость систем АСМ

№ п/п	Производитель	Стоимость	Справочный документ
1	Газообразные загрязнители		
1.1	EKTIMO, CEMS ENDA-5000 Continuous Emission Monitoring System	60 000 долларов США	[19]
1.2	KELISAIKE, Continuous Emission Monitoring System for Flue Gas Emissions	30 000 – 70 000 долларов США	[20]
1.3	Alibaba	До 100 000 долларов США	[21]
2	Твердые загрязняющие вещества (пыль)		
2.1	Nanjing AIYI Technologies, Continuous Emission Monitoring System Online Stack Dust Monitor Particulate Matter Monitor	1000 – 3000 долларов США	[22]

Примером детальной структуры всех инвестиционных и операционных расходов, связанных с внедрением и эксплуатацией АСМ, может служить Модель затрат CEMS, обработанная Агентством по охране окружающей среды США [23].

Таблица 2.4. Затраты на внедрение и эксплуатацию АСМ

№ п/п	Структура затрат	Доллар США	Годовые затраты	Доллар США
1	2	3	4	5
1	Планирование	2,886	Повседневная деятельность	11,310
2	Выбор оборудования	14,008	Обработка данных и информации	34,370
3	Вспомогательные средства	19,065	Аудит баллонного газа	17,045
4	Приобретение оборудования АСМ	95,400	Ведение учета и отчетность	1,413
5	Установка и проверка АСМ	18,741	Ежегодный обзор и обновление обеспечения качества, эксплуатации и обслуживания	5,054
6	Тесты технических характеристик	36,726		
7	План обеспечения/ контроля качества	15,244		
8	Всего	202,070	Всего	69,192

Анализ имеющихся данных позволяет сделать следующие выводы:

на рынке имеется достаточный выбор устройств АСМ, а за счет большого количества производителей что формирует высококонкурентную среду;

цены на оборудование систем АСМ варьируются в достаточно широком диапазоне: стоимость продвинутой системы в диапазоне 40 000 – 100 000 долларов США;

годовые затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание составляют примерно 15 % от общих затрат на приобретение или до 30 % от стоимости оборудования.

3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время

Особенности производственного экологического контроля по отраслям

Учитывая межотраслевой характер и специфику, данный справочник по НДТ применим к широкому кругу отраслей и видов деятельности, описание которых представлено в соответствующих справочниках по НДТ. В данном разделе кратко

изложены реализуемые в настоящее время программы ПЭК, в том числе по проведению автоматизированного мониторинга эмиссий и фактические обезличенные данные по выбросам и сбросам предприятий, предоставивших свои сведения в процессе разработки настоящего справочника по НДТ.

Учитывая, что данные о выбросах загрязняющих веществ в Республике Казахстан доступны в подробной разбивке в формате NFR, обработаны по международной методологии ЕМЕП за период с 1990 г по 2022 г [24], представляется целесообразным отразить отрасли промышленности, вносящие наибольший вклад в объем национальных выбросов загрязняющих веществ, с целью последующего сопоставления текущей ситуации с имеющимися требованиями к мониторингу для приоритетных секторов экономики.

В таблице 3.1. представлена доля отдельных отраслей энергетики и промышленности в общих национальных выбросах пыли, SOx, оксидов азота, оксида углерода и летучих органических соединений (ЛОС) Республики Казахстан в 2022 г..

В таблице не учтены частичные выбросы от транспорта, сельского хозяйства, отопления домохозяйств, административных и коммерческих зданий, также не включены те отрасли, где сумма выбросов перечисленных загрязнителей не достигает 1 килотонны в год.

Таблица 3.1. Выбросы отдельных отраслей в 2022 г., kt

№ п/п	Сектор промышленности	NOx	ЛОС	SO2	CO	пыль
1	2	3	4	5	6	7
1	Выработка электроэнергии и тепла	238,28	2,10	781,46	25,37	11,83
2	Нефтепереработка	3,95	0,16	0,02	0,76	0,06
3	Производство твердого топлива и другие отрасли энергетики	3,43	0,13	14,85	0,98	13,38
4	Стационарное сжигание в обрабатывающей промышленности и строительстве: чугун и сталь	15,26	5,19	44,26	46,73	6,24

5	Стационарное сжигание в обрабатывающей промышленности и строительстве: цветные металлы	18,52	7,06	69,41	71,99	9,70
6	Стационарное сжигание в обрабатывающей промышленности и строительстве: химическая промышленность	2,83	1,01	6,26	6,95	0,88
7	Стационарное сжигание в обрабатывающей промышленности и строительстве: пищевая промышленность, производство напитков и табачных изделий.	2,27	0,41	1,33	1,69	0,22
8	Неорганизованные выбросы от твердого топлива: добыча и транспортировка угля	NA	90,96	NA	NA	10,12
9	Летучие выбросы от твердого топлива: трансформация твердого топлива	0,000	0,030	0,000	1,88	1,420
10	Нефтяные летучие выбросы:	NA	16,84	NE		NA

	разведка, добыча, транспорт				NA	
11	Нефть с неорганизованными выбросами: переработка и хранение	3,605	3,000	9,310	1,352	0,240
12	Дистрибьюция нефтепродуктов	NA	28,420	NE	NA	NA
13	Летучие выбросы природного газа (разведка, добыча, переработка, транспортировка, хранение, распределение и прочее)	NA	5,36	NE	NA	NA
14	Производство цемента	NE	NE	NE	NE	2,20
15	Производство извести	NE	NE	NE	NE	8,52
16	Добыча полезных ископаемых, кроме угля	NA	NA	NA	NA	32,860
17	Производство азотной кислоты	3,320	NA	NA	NA	NA
18	Химическая промышленность	NE	18,250	NE	NE	114,070
19	Производство чугуна и стали	NE	0,99	NE	NE	1,99
20	Производство ферросплавов	NE	NE	NE	NE	2,12
21	Производство алюминия	1,600	NE	7,200	191,962	1,440
22	Производство меди	NE	NE	1,360	NE	0,145
23	Производство никеля	NE	NE	NO	NE	NO

24	Прочая металлопродукция	NE	NE	1,089	NE	0,670
25	Целлюлозно-бумажная промышленность	0,27	0,54	0,54	1,48	0,27
26	Пищевая промышленность и напитки	NA	16,10	NA	NA	NE
27	Биологическая обработка отходов	NA	4,790	NA	NE	0,0010
28	Всего - перечисленные отрасли	293,320	201,360	937,080	351,144	218,380
29	Доля в общем объеме страны	56,90 %	37,00 %	77,40 %	25,51 %	25,70 %
30	Всего по стране (на основе проданного топлива)	515,35	544,42	1211,37	1376,46	849,23

Из данных таблицы 3.1. следует, что группа выбранных отраслей представляет решающую долю национальных выбросов SOX (77,4 %), более половины выбросов NOX (56,90 %), значительную долю выбросов ЛОС (37,00 %), CO (25,51 %) и пыли (25,70 %).

3.1. Производственный экологический контроль на предприятиях по добыче нефти и газа

Нефтегазовая промышленность включает в себя ряд специфических технологических процессов и видов деятельности, таких, как геологоразведка, добыча нефти и газа (в том числе на шельфе), подготовка и переработка углеводородов, транспортировка углеводородов по трубопроводным сетям, подземное хранение природного газа и переработка углеводородного сырья.

Основными источниками воздействия на окружающую среду на этапе добычи, сбора и транспортировки продукции нефтяных скважин являются организованные и неорганизованные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух с преобладанием неорганизованных выбросов. Основными источниками неорганизованных выбросов на технологическом этапе являются неплотности технологического оборудования объектов добычи, сбора и транспорта продукции нефтяных скважин (фланцевые соединения, сальниковые уплотнения, запорно-регулирующая арматура).

Основные источники выбросов на подэтапе подготовки нефти: насосное оборудование, сепараторы, факельные системы, печи, дренажные емкости, резервуары, блоки дозирования реагентов, продувочные свечи, неплотности оборудования; на подэтапе подготовки газа: насосное оборудование, факельные системы, компрессорное оборудование, печи, дренажные емкости, резервуары, продувочные свечи, неплотности оборудования; на подэтапе подготовки воды: насосное оборудование, компрессорное оборудование, сепараторы, резервуары, неплотности оборудования; на подэтапе ведения учетных операций с нефтью, попутным нефтяным газом, пластовой водой: система измерения количества и показателей качества нефти (СИКН, СИКНС), средства измерения, применяемые при ведении учетных операций с нефтью, газом, пластовой водой, неплотности оборудования; на подэтапе хранения нефти: резервуары, системы налива, неплотности оборудования.

Таблица 3.2. Выбросы маркерных веществ по аудируемым предприятиям

№ п/п	Предприятия Выбросы МЗВ	CO	SO2	Смесь пред. углев-ов C1-C5	Смесь пред. углев-ов C6-C10	H2S	Сажа	Метан	NO2	NO
1	Предприятие 1	55 %	35 %	0 %	0 %	0 %	1 %		5 %	3 %
2	Предприятие 2	50 %	5 %	24 %	7 %	0 %	0 %	3 %	10 %	1 %
3	Предприятие 3	13 %	0 %	39 %	10 %	0 %	0 %	21 %	15 %	2 %
4	Предприятие 4	46 %	35 %	5 %	0 %	0 %	1 %	4 %	8 %	1 %
5	Предприятие 5	40 %	0 %	31 %	3 %	0 %	2 %	6 %	15 %	3 %
6	Предприятие 6	38 %	0 %	33 %	1 %	0 %	0 %	1 %	23 %	4 %
7	Предприятие 7	40 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	24 %	31 %	5 %
8	Предприятие 8	48 %	35 %	2 %	3 %	0 %	1 %	0 %	9 %	2 %
9	Предприятие 9	14 %	0 %	47 %	18 %	0 %	0 %	7 %	12 %	2 %
10	Предприятие 10	17 %	0 %	64 %	5 %	0 %	0 %	5 %	8 %	1 %
11	Предприятие 11	52 %	2 %	11 %	4 %	0 %	3 %	2 %	11 %	15 %
12	Предприятие 12	21 %	5 %	22 %	9 %	0 %	0 %	21 %	19 %	3 %
13	Предприятие 13	37 %	0 %	46 %	3 %	0 %	3 %	1 %	6 %	4 %

14	Предприятие 14	26 %	51 %	6 %	1 %	1 %	1 %	0 %	12 %	2 %
15	Предприятие 15	15 %	78 %	1 %	0 %	0 %	0 %	2 %	4 %	0 %
16	Среднее значение	34,13 %	16,40 %	22,07 %	4,27 %	0,067 %	0,80 %	6,93 %	12,53 %	3,20 %

Источник: [25].

Из загрязняющих веществ, вносящих наибольший вклад в валовый объем выбросов при эксплуатации нефтедобывающих предприятий, более 34 % приходится на углерод оксид, существенный вклад оказывают предельные углеводороды (26 %), SOx (16 %), NOx (15 %) и метан (7 %), на долю других загрязняющих веществ приходится менее 1 %.

Также значительный вклад в валовые выбросы предприятий вносят факельные установки и установки по регенерации серы. Большое количество твердых частиц попадает в атмосферу при замене катализаторов и эксплуатации установок коксования. Выбросы летучих органических веществ происходят при эксплуатации резервуаров для хранения нефтепродуктов, систем разделения нефтепродуктов и воды, при проведении погрузочно-разгрузочных работ, а также за счет неплотности фланцев, клапанов, уплотнений.

Технологические установки и иные производственные объекты нефтегазовой отрасли являются потенциальными источниками загрязнения поверхностных и подземных водных объектов. Объем и качество потребляемой в технологическом процессе воды и состав отводимых сточных вод зависят от технологии производства, вида выпускаемой продукции, уровня технического оснащения предприятия.

Сбросы сточных вод образуются на предприятиях отрасли непосредственно от технологических процессов (производственные сточные воды), хозяйственно-бытовой деятельности персонала компаний (хозяйственно-бытовые сточные воды) и атмосферных осадков (поверхностные сточные воды). Также стоит учитывать попутно-добываемые воды, отделяемые от нефтегазовой смеси, которые в основном направляются для закачки в пласт для поддержания пластового давления. Основными загрязняющими веществами являются взвешенные вещества, нефтепродукты, хлориды и сульфаты. Сточные воды поступают в системы локальной очистки или передаются на очистку в специализированные организации.

Основными загрязняющими веществами в сточных водах нефтедобывающих предприятий являются взвешенные вещества и нефтепродукты.

Таблица 3.3. Масса сбросов маркерных веществ от ряда предприятий, включенных в экспертную оценку, т/год

		Хлориды		**Взвешенные вещества**		**Сульфаты (по SO4)**		**Нефтепро-дукты**	

№ п/п	Предприятие	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Предприятие 2	533,399	40,288	1,103	0,185	11,346	6,983	0,013	0,003
2	Предприятие 4	12,775	4,709	0,654	0,447	-	-	0,011	0,002
3	Предприятие 5	-	-	11,961	3,207	18,250	6,251	0,117	0,008
4	Предприятие 7	0,161	0,033	0,042	0,029	2,904	1,048	0,006	0,000
5	Предприятие 8	7623,328	1163,238	246,801	9,569	3599,448	460,001	8,247	0,3
6	Предприятие 9	8,370	3,623	0,742	0,288	4,948	1,371	0,002	0,001
7	Предприятие 10	25,773	16,783	-	-	32,163	2,369	0,016	0,002
8	Предприятие 11	-	-	0,292	0,213	-	-	0,007	0,005
9	Предприятие 12	52,280	30,150	3,800	0,342	70,260	13,940	0,239	0,015
10	Предприятие 13	60,679	18,447	2,627	2,366	51,607	13,452	0,012	0,007
11	Предприятие 14	45,616	21,077	3,197	1,955	69,018	28,381	0,040	0,025
12	Предприятие 15	-	-	280,044	23,924	-	-	15,71	1,478

Для решения задачи охраны окружающей среды в нефтедобывающих компаниях разработаны программы производственного экологического контроля, в соответствии с которыми проводятся комплексные наблюдения и изучение состояния природных компонентов в зоне потенциального воздействия.

В программах ПЭК устанавливаются:

перечень параметров, отслеживаемых в процессе экологического контроля;

периодичность, продолжительность и частота измерений;

используемые инструментальные или расчетные методы.

Наблюдение за количеством и соблюдением соответствия установленным нормативным выбросам эмиссий на организованных источниках проводится на основании инструментальных измерений, на неорганизованных источниках – на основании расчетов.

Результаты замеров передаются в отделы экологического контроля, где проводится анализ соответствия или несоответствия фактического объема выбросов нормативным

объемам, определенным проектом НДВ и объемами, лимитированными экологическим разрешением.

Мониторинг выбросов путем АСМ осуществляется объектами I категории в соответствии с п. 3 ст. 184 Экологического кодекса и Правилами ведения АСМ [33].

3.2. Производственный экологический контроль на предприятиях по переработке нефти и газа

Профиль производства, схема переработки нефти и газа, ассортимент выпускаемой продукции, характеристики основного технологического и вспомогательного оборудования, системы очистки оказывают влияние на перечень и валовый объем загрязняющих веществ. Различают организованные и неорганизованные источники выбросов загрязняющих веществ нефтеперерабатывающих заводов. К основным организованным источникам выбросов относятся дымовые трубы технологических печей, свечи для сжигания факельного газа, вентиляционные трубы производственных помещений. Неорганизованными источниками выбросов нефтеперерабатывающих заводов являются: резервуары; цистерны сливно-наливных эстакад; поверхности испарения очистных сооружений; неплотности запорной арматуры и фланцевых соединений технологических установок; пропуски сальниковых устройств, предохранительных клапанов пробоотборных кранов, постоянно действующих отрытых дренажей и т.д.

Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят SOx, азота диоксид, азота оксид, углерода оксид, углеводороды предельные С12-С19, смесь углеводородов предельных С1-С5. Основными источниками загрязнения являются следующие технологические процессы: атмосферная перегонка нефтяного сырья (ЭЛОУ-АВТ), каталитический риформинг, гидроочистка дизельного топлива, гидроочистка бензина, замедленное коксование, каталитический крекинг, производство битума, производство серы.

Характеристика основных загрязняющих веществ атмосферы на нефтеперерабатывающих предприятиях

SOx и сероводород. Вклад нефтеперерабатывающих предприятий в общий выброс сернистых соединений невелик (менее 5 % от общего количества выбросов топливно-энергетического комплекса). По количеству и составу выбрасываемых серосодержащих газов источники негативного воздействия на окружающую среду можно разделить на три основные группы:

1. Дымовые газы котельных агрегатов, технологических печей, печей для сжигания нефтешламов, факельных систем.

2. Отходящие газы регенерации катализаторов на установках крекинга.

3. Хвостовые газы установок производства серной кислоты и элементарной серы (установки Клауса).

К основным источникам выбросов SOx относятся: дымовые трубы печей (56 %), факельные установки (20 %), регенераторы установок каталитического крекинга. Основными источниками сероводорода являются: неочищенный газ с установки утилизации факельных газов, насыщенные растворы моноэтаноламина и сероводородсодержащий газ с технологических установок очистки и фракционирования газов. Сероводород поступает в атмосферу и за счет его выделения (испарения) из сернисто-щелочных сточных вод и технологических конденсатов, через неплотности оборудования (насосы, компрессоры, арматура), с установок первичной переработки и гидроочистки, термокрекинга. Значительными источниками выбросов сероводорода являются бароконденсаторы смешения, а также установки по производству серы.

NOx. Основными источниками выбросов оксидов азота являются: технологические печи (72,6 %), газомоторные компрессоры (14 %), факельные установки (5,4 %). Образование оксидов азота связано с окислением азота воздуха и азотсодержащих компонентов самого топлива. Диоксид азота является токсичным веществом, под действием солнечного света (фотолиз) конвертируется в оксид азота с образованием озона, участвующего в образовании фотохимического смога.

Монооксид углерода является наиболее распространенным газообразным загрязняющим веществом. Механизм образования монооксида углерода следующий: при горении углеводородного газа, основу которого составляет метан, происходит ряд последовательных превращений метанформальдегидмонооксид углеродадиоксид углерода. При неблагоприятных условиях (недостаток кислорода, охлаждение зоны горения) цепная реакция может оборваться и в продуктах горения будет содержаться монооксид углерода.

Основными источниками загрязнения монооксидом углерода являются трубчатые печи технологических установок, выбросы которых составляют 50 % от объема общих выбросов, установки каталитического крекинга (12 %), газовые компрессоры (11 %), битумные установки (9 %) и факелы (18 %).

Выбросы углеводородов составляют более 70 % выбросов всех загрязняющих веществ от предприятий нефтепереработки. С технологической точки зрения выбросы углеводородов представляют собой прямые потери нефти и нефтепродуктов. Основными источниками выбросов углеводородов являются:

резервуарные парки (выбросы из дыхательных клапанов за счет испарений с открытых поверхностей);

технологические установки (выбросы за счет неплотностей оборудования, трубопроводной арматуры, сальников насосов, а также из рабочих клапанов при аварийных ситуациях);

системы оборотного водоснабжения (испарения углеводородов в нефтеотделителях и градирнях);

очистные сооружения (испарения с открытых поверхностей нефтеловушек, прудов-отстойников, флотаторов, шламо- и илонакопителей).

Значительное загрязнение атмосферы углеводородами на НПЗ происходит при заполнении товарными нефтепродуктами железнодорожных цистерн и танкеров на наливных эстакадах и причалах.

Твердые (взвешенные) вещества. Выбросы взвешенных веществ (пыль различного состава) связаны прежде всего с химическими методами переработки углеводородного сырья. Химический состав пыли очень сложен. Распределение выбросов твердых веществ в атмосферу по основным источникам следующий:

регенераторы установок каталитического крекинга – 23,3 %;

факельные установки – 4,7 %;

вентиляционные системы – 0,7 %.

Процессы каталитической переработки нефтяного сырья являются одним из основных источников выбросов катализаторной пыли в атмосферу. Низкая эффективность отделения катализаторной пыли на установках каталитического крекинга приводит к неоправданно высоким потерям катализаторов и значительному загрязнению окружающей среды твердыми веществами.

Для сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на нефтеперерабатывающих предприятиях требуется проведение комплекса мероприятий:

совершенствование технологических процессов;

внедрение малоотходных и безотходных технологий;

изменение состава и улучшение качества используемых ресурсов;

комплексное использование сырья и снижение потребления ресурсов, производство которых связано с загрязнением окружающей среды;

изменение состава и улучшение качества выпускаемой продукции;

очистка отходящих промышленных газов.

Порядок осуществления ПЭК определяется внутрипроизводственными программами, графиками контроля, технологическими регламентами и другой нормативно-методической документацией в соответствии с объектами контроля и спецификой хозяйственной деятельности конкретного оператора объекта.

В настоящее время предприятиями нефтегазоперерабатывающей отрасли разрабатываются рабочие проекты по установлению автоматизированной системы экологического мониторинга для контроля выбросов в атмосферу отходящих дымовых газов на источниках загрязнения атмосферы, обеспечивающие все режимы работы и штатные периодические процедуры, позволяющие одновременно решать задачи учетного контроля выбросов (NO, NO, CO, SO, CO, CH4, концентрации пыли (сажи), расхода отходящих газов, влажности, давления/разряжения, температуры дымовых газов), а так же для отображения состояния измеряемых величин в режиме реального времени, ведения бессрочных архивов о состоянии измеряемых величин.

Ведется контроль качества атмосферного воздуха (сероводород, окись углерода, NOx, двуокись серы, углеводороды) на территории СЗЗ заводов для мониторинга и оперативного реагирования на изменение качества атмосферного воздуха, обмена данными с соответствующими государственными и контролирующими органами.

3.3. Особенности производственного экологического контроля на предприятиях горнометаллургического комплекса

В выбросах от основных организованных источников определяются концентрации пыли неорганической, сернистого ангидрида, окислов азота, оксида углерода.

Для неорганизованных источников загрязнения атмосферного воздуха предприятия мониторинг выполняется аналитическим методом на основании данных о режиме работы, количестве и технических характеристик используемого оборудования по методикам, на основании которых производился расчет нормативных выбросов предприятия (согласно проекту НДВ).

Периодичность контроля на неорганизованных источниках является ежеквартальной и установлена программой ПЭК.

Воздействие предприятия на водные ресурсы определяется оценкой рационального использования воды, степенью загрязнения сточных вод, возможностями их очистки на локальных очистных сооружениях, решением вопросов регулирования, сброса и очистки поверхностного стока.

3.3.1. Производственный экологический контроль на объектах черной металлургии с учетом добычи

Основными источниками загрязнения атмосферы выбросами металлургических предприятий являются коксохимическое, агломерационное, доменное, ферросплавное и сталеплавильное производства.

Открытая добыча железных руд

Работа по добыче сопровождается:

разрушением почвенного покрова, изменением/уничтожением естественных ландшафтов, местообитаний;

запыленностью и загазованностью атмосферы при производстве массовых взрывов в карьере, выполнении погрузочных и транспортных работ, первичном дроблении руды , при ветровой эрозии на сухих незакрепленных пляжах хвостохранилищ и шламохранилищ;

негативным влиянием на гидросферу в связи с забором воды из водоемов, сбросом в них сточных вод (шахтный и карьерный водоотлив, сточные воды от обогащения); выпадением загрязненных осадков и пыли из атмосферы; изменением уровня подземных вод в результате осушения горных выработок;

загрязнением земель, почв, недр и т.п., в том числе из-за образования и размещения отходов вскрышных и вмещающих пород, отходов обогащения;

физическими воздействиями – шумом и вибрацией при эксплуатации техники и ведении буровзрывных работ.

Подземная добыча железных руд

Подземная разработка железорудных месторождений влияет на атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, геологическую среду, отчуждение земель. Источниками загрязнения атмосферы являются газопылевые выбросы, образующиеся, главным образом, от ведения буровзрывных и добычных работ. Газы и пыль выделяются и с поверхности породных отвалов и складов полезных ископаемых.

Обогащение железных руд

Непосредственное загрязнение приземной атмосферы пылью при обогащении железных руд происходит:

при конвейерном транспорте рудной массы;

при ее грохочении и дроблении;

при загрузке приемных воронок дробилок крупного дробления обогатительных фабрик;

в процессах сушки концентрата;

в технологическом процессе флотационного обогащения;

при пылении с хвостохранилища.

Производство стали

Удельные показатели по выбросам загрязняющих веществ в 2019 году составили 62,77 кг/тонну стали.

Основные технологические процессы производства чугуна, стали, ферросплавов и их последующего передела сопровождаются образованием большого количества эмиссий в виде газообразных загрязняющих веществ, пыли, сточных вод; большой номенклатурой отходов – шлаков, шламов, скрапа, окалины, боя огнеупоров, мусора и других воздействий, влияющих на состояние воздуха, воды и почвы.

Изменение в динамике годовых выбросов аудируемого периода согласно статистической отчетности "2-ТП воздух" в основном связано с увеличением или снижением объемов годового производства продукции, также значительное влияние оказывают состав и качество исходного сырья, поступающего на переработку в цеха предприятия (содержание железа и серы в руде, зольность и энергоемкость топлива, фракционный состав материалов и т.п.).

Производство ферросплавов

Основными источниками выбросов при производстве ферросплавов являются:

пересыпка, переработка и хранение сыпучих материалов;

выплавка и переработка ферросплавов.

Агломерационное производство и производство окатышей

Основная доля загрязнений атмосферного воздуха в черной металлургии приходится на агломерационное производство.

Источниками загрязнений воздушного бассейна являются агломерационные ленты; барабанные и чашевые охладители агломерата; обжиговые печи; узлы пересыпки, транспортировки, сортировки агломерата и компонентов, входящих в состав шихты для приготовления агломерата (руды, кокса, коксика, известняка и других материалов).

Пылевыделение происходит на агломерационных машинах, в охладителях агломерата, аспирационных системах дробилок, грохотов и бункерах погрузки агломерата.

При транспортировке агломерат крошится. Для придания агломерату прочности измельченную руду подвергают окомкованию, посредством увлажнения, смешения со связующим материалом и получают шарики-окатыши. После обжига окатыши являются отличным сырьем для доменных и сталеплавильных печей, используются в процессе прямого восстановления железа. Окатыши подвергаются металлизации (увеличение степени металлизации шихты на 1 % приводит к снижению расхода кокса, а, следовательно, и уменьшению пыле- и газовыбросов).

Процесс обжига окатышей сопровождается значительным выделением пыли и газов . С 1 м2 площади обжиговой машины выделяется до 100 м3 запыленных газов в минуту . Основная масса пыли находится в коллекторе неочищенного газа: на выходе из него газы содержат пыли 4 – 5 г/м3, что соответствует 13 кг/т окатышей. Для очистки газов обжиговой машины применяются различные аппараты и системы: батарейные циклоны , сухие пластинчатые горизонтальные электрофильтры, низконапорные трубы Вентури и центробежный скруббер, сухие центробежные циклоны. Газы аспирационных систем от мест транспортировки шихты, подготовки к окомкованию, складированию, погрузки очищаются от пыли в циклонах, рукавных фильтрах, мокрых пылеуловителях.

Производство чугуна

По всей технологической цепочке производства чугуна в местах выгрузки сырья, складирования, хранения пылящих материалов на открытых площадках, дозирования компонентов шихты на различном оборудовании, работе уравнительных клапанов при загрузке печи, выпуске чугуна и шлака, транспортировки отходов производства и готовой продукции образуются организованные и неорганизованные выбросы (эмиссии) загрязняющих веществ в виде пыли, газов, образования отходов и сточных вод.

Основными процессами, в результате которых происходит загрязнение окружающей среды, являются: приемка, складирование, усреднение сырья, дозирование компонентов шихты, выпуск чугуна, шлака, оборотный цикл водоснабжения.

Воздействие на атмосферный воздух.

При производстве чугуна происходят неорганизованные и организованные выбросы в атмосферу загрязняющих веществ с твердыми компонентами – C, Fe_2O_3, FeO, SiO_2, MgO, Al_2O_3, MnO, CaO; газообразными компонентами – NO_2, NO, SO_2, CO, CO_2, H_2S , бенз(а)пиреном.

Коксохимическое производство

При производстве кокса происходят выбросы в атмосферу вредных веществ в виде газообразных компонентов – NOx, SOx, оксид углерода, аммиак, сероводород, водород цианистый, бензол, нафталин, пиридин, фенол, сероуглерод, бенз(а)пирен, ксилол, толуол, или твердых компонентов – сажа, коксовая и угольная пыль.

Основными источниками выбросов в коксохимическом производстве являются выбросы при приеме и подготовке угля, коксовании, выдаче кокса, тушении кокса, сортировке кокса.

Сталелитейное производство

Производство стали в конвертерном цехе (производстве) по всей технологической цепочке сопровождается воздействием на атмосферу, воздух рабочей зоны, поверхностные и подземные воды; образованием отходов производства и потребления.

Контроль за соблюдением нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, контроль качества воздуха рабочей зоны, качества сточных вод, учет и обращение с отходами производства осуществляют подразделения отдела охраны природы.

Воздействие на атмосферный воздух.

При производстве конвертерной стали происходят выбросы в атмосферу вредных веществ: пыль, тепловое излучение, шум, вибрация, электромагнитное загрязнение, AI2O3, FeO, Fe2O3, Fe3O4, CaO, MgO, MnO, ZnO, NO2, N2O, SO2, CO, CO2, сажа, бенз (а)пирен. Приоритетными веществами в выбросах конвертерного производства являются оксид углерода и пыль неорганическая (взвешенные вещества).

Сточные воды подразделяются на нормативно-чистые, допустимые к сбросу без очистки и сточные воды, требующие очистки.

К нормативно-чистым относят следующие категории вод:

сточные воды, образующиеся в результате использования для охлаждения оборудования воды, как свежей технической, так и повторно-используемой из пруда-охладителя и после насосных станций второго подъема;

промливневые нормативно чистые стоки в основном имеют только тепловое загрязнение, при этом сброс данных вод производится по отводящим канавам через секцию нефтеулавливания;

ливневые стоки с территории города сбрасываются в акваторию отделяемого пруда-охладителя. Для предотвращения загрязнения пруда- охладителя песком ливневые стоки перехватываются и направляются для предварительного отстаивания (песколовки).

Пруд-охладитель является источником последовательно-используемой воды для предприятий горно-металлургического комплекса и предназначен для отстаивания загрязненных взвешенными веществами сточных вод и накапливания выпадающего осадка.

Внедрение и применение замкнутого цикла водооборота на предприятиях горно-металлургического комплекса составляет порядка 75 %.

Производство проката

С точки зрения негативного воздействия на окружающую среду прокатное производство характеризуется наименьшими удельными значениями потребления ресурсов и эмиссий загрязняющих веществ. Выбросы от прокатных цехов составляют менее 1 % выбросов предприятия.

3.3.2. Производственный экологический контроль на объектах цветной металлургии с учетом добычи

В структуре предприятий, относящихся к цветной металлургии горно-металлургического комплекса Республики Казахстан, охватываются процессы:

производство алюминия;

производство меди;

производство свинца;

производство цинка и кадмия;

производство драгоценных металлов;

производство золота.

Производство алюминия

Для решения задачи охраны окружающей среды и выполнения требований экологического законодательства в аудируемых компаниях разработаны программы ПЭК, в соответствии с которыми проводятся комплексные наблюдения и изучение состояния природных компонентов в зоне потенциального воздействия промышленных объектов алюминиевого производства.

В программах устанавливаются:

перечень параметров, отслеживаемых в процессе экологического контроля;

периодичность, продолжительность и частота измерений;

используемые инструментальные или расчетные методы.

Наблюдение за количеством и соблюдением соответствия установленным нормативным выбросам эмиссий на организованных источниках проводится на основании инструментальных измерений, на неорганизованных источниках – на основании расчетов. Количество организованных и неорганизованных источников выбросов на предприятиях алюминиевой промышленности приведено в таблице 3.4.

Таблица 3.4. Распределение выбросов по видам источников

№ п/п	Вид источника		Глиноземный завод	Электролизный завод
1	Организованные	%	99,12	99,57
2		т	56 755	52 210
3	Неорганизованные	%	0,88	0,44
4		т	502	229

В рамках проведения мониторинга эмиссий в атмосферный воздух проводятся наблюдения за качественными и количественными характеристиками выбросов загрязняющих веществ на источниках эмиссий (таблица 3.5.). Результаты замеров передаются в отделы экологического контроля и мониторинга аудируемых компаний, где проводится анализ соответствия или несоответствия фактического объема выбросов нормативным объемам, определенным проектом НДВ и объемами, лимитированными экологическим разрешением.

Таблица 3.5. Сведения об объемах инструментальных замеров на предприятиях алюминиевой промышленности Республики Казахстан

№ п/п	Показатели мониторинга	Контролируемые параметры	Глиноземный завод		Электролизный завод	
			Период.	Количество точек	Период.	Количество точек
1	2	3	4	5	6	7
1	Операционный мониторинг					
1.1	Определение защелоченности во-дооборотов № 1, №6	NaOH	1/день	н/д	н/к	н/к
1.2	Контроль автотранспорта на дымность и токсичность	Оксид углерода	10 тыс. км пробега	н/д		
1.3		Углеводороды				
2	Мониторинг эмиссий					
2.1	Кол-во ИЗА, охваченных инструментальным контролем, всего			н/д		47
2.2	Инструментальный контроль на источниках выбросов	Азота диоксид	1/кв.	18	1/кв.	6
2.3		Азота оксид		18		1
2.4		Алюминия оксид		-		9
2.5		Бенз(а)пирен		-		3
2.6		Взвешенные частицы PM 10		-		2
2.7		Возгоны каменноугольного пека		-		2
2.8		Железо (II, III) оксиды		-		2

2.9	Инструментальный контроль на источниках выбросов	Марганец и его соединения		-		2
2.10		Пыль абразивная		-		2
2.11		Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния выше 70-20 %		-		2
2.12		Пыль неорганическая: выше 70 % двуокиси кремния		-		28
2.13		Пыль неорганическая: ниже 20 % двуокиси кремния		-		21
2.14		Сера диоксид		18		5
2.15		Сероводород		18		5
2.16		Углерод				3
2.17		Углерод оксид		18		8
2.18		Фториды неорганические плохо растворимые		-		22
2.19		Фториды неорганические хорошо растворимые		-		2
2.20		Фтористые газообразные соединения		-		6
2.21		Пыль общая		18		
2.22	Мониторинг эмиссий загрязняющих	Алюминий				3
2.23		Аммиак				2
2.24		БПК полн				2
2.25		Взвешенные вещества				3
2.26		Железо общее				3
2.27		Кальций				3
2.28		Магний				3
2.29		Натрий				3

2.30	веществ со сбросами сточных вод	Нефтепродукты	н/к	н/к	1/кв.	3
2.31		ПАВ				3
2.32		Полифосфаты				2
2.33		Сульфаты				3
2.34		Сухой остаток				3
2.35		Фториды				3
2.36		Хлориды				3
3	Мониторинг воздействия					
3.1	Атмосферный воздух в пределах СЗЗ	Сера диоксид	1/мес.	7	1/мес.	8
3.2		Азота окислы		7		8
3.3		Пыль общая		7		8
3.4		Алюминия оксид		7		8
3.5		Натрия гидрооксид		7		8
3.6		Оксид углерода		7		8
3.7		Фтористые газообразные соединения		-		8
3.8		Фториды неорганические плохо растворимые		-		8

Примечание:

н/д – нет данных;

н/к – не контролируется.

Внутренние проверки природоохранной деятельности и соблюдения природоохранного законодательства проводятся в подразделениях и осуществляются по утвержденному руководством предприятия графику.

На Павлодарском алюминиевом заводе АСМ установлена на санитарно-защитной зоне. Данные передаются в режиме онлайн на LED экран, размещенный в центре города (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1. Отображение данных о качестве атмосферного воздуха на границе СЗЗ ПАЗ на LED экране в центре г. Павлодар.

Производство меди

Воздействие на атмосферу

В выбросах предприятий цветной металлургии в целом и медеплавильных заводов в частности основные объемы загрязняющих веществ приходятся на такие элементы, как SOx, пыль, NOx, оксид углерода, металлы и их соединения (в зависимости от состава исходного сырья это, прежде всего, Cd, Cu, As, ртуть, свинец и другие), летучие органические соединения (общие и органический углерод), полихлордибензодиоксины/ фураны (ПХДД/Ф).

Наиболее значимыми источниками выбросов SOx являются участки обжига, плавки и конвертирования при производстве меди из первичного сырья с применением сульфидных концентратов. При этом возможно образование неорганизованных выбросов, которые улавливаются несколькими способами. SOx может также выбрасываться в атмосферу на этапе сушки концентрата (в основном при сжигании топлива на горелках) и на этапе первичного рафинирования, поскольку черновая медь содержит от 0,03 % до 1 % растворенной серы. Концентрация обычно очень низка, поэтому в случае необходимости применяется простая скрубберная очистка.

Основные экологические проблемы при производстве вторичной меди также связаны с отходящими газами, образующимися при работе различного типа печей. Например, при наличии небольшого количества хлора во вторичном сырье имеется вероятность образования ПХДД/Ф, в связи с чем предпринимаются усилия по решению вопроса об уничтожении этих опасных соединений.

Воздействие на водные объекты

Используемая при производстве меди вода в основном циркулирует в замкнутых циклах и сброс промышленных стоков в водные объекты предприятиями отрасли незначителен. В тех случаях, когда сброс промышленных стоков происходит, в стоках

могут содержаться ионы таких металлов, как Fe, Cd, Cu, As, Ni, Sn, Hg, Pb, Sb, Zn. Стоки могут обладать повышенными значениями показателя кислотности за счет присутствия серной и (существенно реже и в меньших объемах) соляной и плавиковой (фтористоводородной) кислот.

Производственный экологический контроль на предприятиях отрасли осуществляется в соответствии с программой ПЭК, разрабатываемой на ежегодной основе с соблюдением требований главы 13 Экологического кодекса. Структурно программа ПЭК включает производственный мониторинг и производственный экологический контроль. В рамках операционного мониторинга предусмотрены наблюдения за ключевыми параметрами технологических операций, определяющих наибольший вклад в осуществляемые эмиссии в окружающую среду, в том числе:

обжиг сульфидных концентратов;

вельцевание цинкосодержащих материалов;

процесс каталитического окисления в сернокислотном производстве;

процесс очистки газов от загрязняющих веществ;

процесс очистки сточных вод от загрязняющих веществ.

Мониторинг эмиссий в атмосферный воздух

Для осуществления мониторинга эмиссий в атмосферный воздух в деятельности предприятий используются инструментальные и расчетные методы. Инструментальные измерения на подлежащих такому контролю источниках осуществляется лабораториями, аккредитованными в установленном порядке. На ряде источников преимущественно неорганизованного характера мониторинг эмиссий осуществляется расчетными методами в соответствии с методическими документами, утвержденными государственными органами. Мониторинг эмиссий твердых загрязняющих веществ, в отношении которых предусмотрен инструментальный метод контроля, осуществляется аналогично методологии, принятой при инвентаризации источников выбросов, следующим образом: с установленной периодичностью инструментально определяется фактическая концентрация пыли общей (совокупность твердых загрязняющих веществ) , концентрация отдельных твердых загрязняющих веществ определяется пересчетом согласно содержанию в составе общей пыли по отдельному источнику по данным инвентаризации источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ включает определение массы выбросов загрязняющих веществ в единицу времени (г/сек, т/год) и сравнение этих показателей с установленными нормативными показателями предельно допустимых выбросов (эмиссий в атмосферный воздух).

Мониторинг эмиссий в водные объекты

Для осуществления мониторинга эмиссий в водные объекты в деятельности предприятий используются инструментально-лабораторные методы. Инструментальные измерения на контролируемых источниках сброса сточных вод

осуществляются лабораториями, аккредитованными в установленном порядке. Контроль за соблюдением установленных нормативов сбросов загрязняющих веществ включает определение массы сбросов загрязняющих веществ (мг/л, т/год) и сравнение этих показателей с нормативными показателями НДС.

Производство свинца

Практически все цветные и редкие металлы и в особенности легковозгоняемые металлы и соединения при извлечении из свинцовых концентратов в большей или меньшей степени переходят в пыль, выносимую технологическими и вентиляционными газами. В эти же газы в виде примесей переходят и оксиды серы (сернистый и серный ангидрид), хлористый водород, хлор, фтор и некоторые другие составляющие перерабатываемого сырья.

Эмиссии в атмосферный воздух от пирометаллургических процессов (агломерационные машины, шахтные печи, КИВЦЭТ-установки, печи рафинирования свинца и шлаковозгоночные установки). На предприятиях по производству свинца в процессах агломерации, плавки сульфидного и окисленного сырья, шлаковозгонки, рафинирования выделяются значительное количество газов, содержащих твердые частицы (пыль, возгоны) и газообразные продукты (CO, CO2, SO3, SO2 и другое).

В настоящее время в свинцовом производстве в основном используют агломерационные машины с дутьем. От них отходят газы двух видов: "богатые" и " бедные". "Богатые газы" с содержанием SO2 в количестве 5 – 6 % пригодны для производства серной кислоты, "бедные газы", в которых есть SO2 (1,5 – 2,0 %), использовать для этой цели нерентабельно. Во всех случаях газы содержат пыль, для улавливания которой применяют ступенчатые схемы очистки. На первой ступени для отделения крупной пыли обычно используют циклоны. После циклонов остаточное содержание пыли снижается с 11 – 12 до 2 г/м3 (для "бедных") и до 6 г/м3 (для " богатых"). Пыль агломерационных машин преимущественно мелкая, возгоночного происхождения (до 1 мкм). На практике обычно применяют два способа очистки от мелкой пыли: в электрофильтрах и рукавных фильтрах. Мокрые способы очистки нежелательны из-за возможности интенсивной коррозии аппаратуры, связанной с образованием серной кислоты.

Высокая дисперсность пыли и значительная запыленность газов обуславливают применение ступенчатой очистки и установки в качестве аппаратов тонкой очистки пылеуловителей наиболее совершенного типа. Низкое содержание в газах шахтных печей сернистого ангидрида делает возможным применение наряду с сухими мокрых газоочистных аппаратов.

Температура отходящих газов из шлаковозгоночных печей достигает 1200 °С. Эти газы содержат 6 % CO2 и 15 % CO и характеризуются высокой запыленностью (100 – 150 г/м3) при среднем диаметре частиц пыли 1,5 мкм. В связи с высокой температурой газов газоотводящий тракт включает котел-утилизатор, устанавливаемый

непосредственно за печью, в котором газы охлаждаются до температуры 300 – 400 °С. Одновременно в котле-утилизаторе оседает и значительное количество пыли, концентрация которой на выходе из печи не превышает 20 – 40 г/м3.

Количество образующейся пыли – так называемый вынос пыли (в процентах от массы перерабатываемой шихты) или переход металлов в пыль зависит от вида металлургического агрегата, физико-химической характеристики шихты (крупность, прочность, содержание легковозгоняемых металлов и соединений и другое), интенсивности и характера пирометаллургического процесса и многих других факторов. Особенно интенсивно пыль образуется при прогрессивных технологических процессах, например, как обжиг и плавка концентратов в кипящем слое и во взвешенном состоянии, возгоночные процессы (вельцевание, продувка шлаков угольной пылью).

Отделение пылеулавливания является основным звеном, осуществляющим природоохранные функции на казахстанском предприятии по производству свинца. В задачи отделения пылеулавливания входит очистка отходящих технологических, аспирационных и вентиляционных газов от пыли, возврат продукции (пыли) в производство, создание нормальных санитарных условий на рабочих местах. Очистка газов от пыли производится в круглосуточном режиме, для чего организована сложная многоступенчатая схема с применением комбинированных методов очистки газов от пыли, основным из которых является очистка в рукавных фильтрах. В отделении пылеулавливания основным видом пылеулавливающего оборудования являются рукавные фильтры различных модификаций. Предварительная грубая очистка загрязненных газов от пыли осуществляется в циклонах. Отделением пылеулавливания обеспечивается передача на переработку в другие цеха уловленной пыли, в том числе возврат свинецсодержащей пыли в процесс свинцового производства и передача цинксодержащей пыли в процесс цинкового производства. Уловленная пыль является продуктом процесса пылеулавливания, который используется в качестве оборотного материала для комплексного извлечения полезных составляющих. Уловленная системой винтовых конвейеров и камерных насосов пневмотранспорта в пылеулавливающих установках пыль ежесменно выгружается в склад концентратов, в аварийных случаях – в наружный бункер.

Загрязненность сточных вод предприятий цветной металлургии зависит главным образом от состава перерабатываемого сырья и применяемых технологических реагентов, и от качества очистки (обезвреживания) сточных вод.

Основными загрязняющими веществами на свинцовом производстве, содержащимися в стоках, являются металлы и их соединения, и материалы в форме суспензии.

Наилучшим вариантом предотвращения вредного влияния сточных вод на окружающую среду следует считать организацию частичного или полного водооборота

и повторное использование сточных вод в производственном цикле. При введении водооборота хранилища сточных вод должны использоваться в качестве очистных сооружений. В случае сброса сточных вод в водоемы их очистка обеспечивает содержание каждой из загрязняющих примесей ниже предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового использования.

Выбор той или иной схемы очистки сточных вод зависит от многих факторов. Важнейшими из них являются: объем образующихся сточных вод, вид и концентрация загрязняющих веществ, физико-химические свойства примесей или их химических соединений, которые положены в основу метода очистки. При выборе схемы очистки должны учитываться возможности использования таких эффектных мероприятий, которые приводят к сокращению объема сбрасываемых вод, экономии технологической воды, устранению переливов и аварийных сбросов. В основе наиболее часто применяемых методов очистки сточных вод на предприятиях цветной металлургии лежат следующие процессы:

1) механическое отстаивание грубодисперсной взвеси, иногда с добавлением коагулянтов и флокулянтов;

2) осаждение примесей в виде труднорастворимых солей;

3) окисление примесей до безвредных соединений.

Возможны два варианта организации схем очистки сточных вод: последовательным выделением отдельных примесей с помощью соответствующих наиболее эффективных реагентов и комплексным выделением сразу большинства или всех загрязнений. Первый вариант обеспечивает более глубокую очистку сточных вод, но приводит к применению сложных многоступенчатых схем.

Текущая ситуация на казахстанских предприятиях производства свинца. Предотвращение/снижение влияния свинцового производства на поверхностные водные объекты решается путем организации на казахстанских предприятиях систем повторного и оборотного водоснабжения, и с помощью поэтапного внедрения и использования эффективных методов очистки сточных вод. На предприятии 1 очистка загрязненных сточных вод производится физико-химическим методом в сочетании с механическим, при этом решаются три основные задачи: нейтрализация сточных вод, выделение из них солей цветных металлов, осветление сточных вод с применением тканевого фильтра для улавливания нефтепродуктов, метода известкования и технологии флокуляции. Технология очистки сточных вод перед выпуском в водоем дополнена на очистных сооружениях предприятия установкой глубокой доочистки с применением синтетического алюмосиликатного сорбента "Глинт".

В текущей деятельности предприятий функционирование автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду не предусмотрено (в текущих

ПЭК). С учетом специфики деятельности предприятий производится мониторинг эмиссий в атмосферный воздух, водные объекты и мониторинг техногенных минеральных образований.

Производство цинка и кадмия

Основными проблемами с точки зрения воздействия на окружающую среду производства цинка является загрязнение атмосферного воздуха, воды и образование отходов.

Газы, образующиеся при производстве цинка, в большинстве случаев весьма агрессивны, так как в их состав входят оксиды серы (сернистый и серный ангидрид), к тому же их наличие в газах повышает температуру точки росы до 200 °С и выше, что сильно затрудняет работу некоторых газоочистных аппаратов. Особое внимание при работе на серосодержащих газах уделяется соблюдению герметичности газоотводящего тракта. Подсос воздуха в тракт вызвает снижение температуры отходящего газа ниже точки росы с последующей конденсацией паров, вызывающей интенсивную коррозию металла в электрофильтрах и значительное снижение срока службы ткани в рукавных фильтрах.

При переработке цинксодержащих остатков с присутствием в них определенных органических веществ необходимо также учитывать эмиссии в атмосферный воздух стойких органических загрязнителей. Однако на предприятиях производства цинка и кадмия в Казахстане не осуществляется переработка вторичного цинка, который может содержать органические остатки, вследствие чего на предприятиях отрасли не осуществляется мониторинг выбросов ЛОС и ПХД(Б).

Эмиссии в атмосферный воздух от пирометаллургических процессов (обжиг и вельцпроцесс). В ряде пирометаллургических процессов производства цинка вынос пыли из шихты и переход металлов в пыль может достигать очень высоких значений. Особенно интенсивно пыль образуется при обжиге цинковых концентратов в печах " кипящего слоя" и при вельцевании. Вынос пыли из печи КС ("кипящего слоя") составляет 35 – 40 %, а переход металлов в пыль при вельцевании – 92 % цинка, 85 % свинца, 97 % кадмия и 75 % индия. Пыль в металлургии цинка содержат цветные и редкие металлы, вследствие чего в большинстве случаев имеют высокую стоимость. Их улавливание способствует рентабельности и быстрой самоокупаемости сооружаемых газоочистных установок.

В дополнение к пыли широко используют и находящиеся в газах сернистые соединения, направляя их в сернокислотные цеха и заводы для производства серной кислоты, которая оказывается значительно дешевле, чем при получении ее из пирита или элементарной серы. Однако, при концентрации SO_2 в технологических газах ниже 3,5 % производство кислоты становится нерентабельным и технологический газ приходится или смешивать с высококонцентрированными сернистыми газами, или после предварительной очистки выбрасывать в атмосферу. В последнее время степень

использования серы в отходящих газах значительно повышается в результате применения новых технологических процессов получения металлов.

Текущая ситуация на казахстанских предприятиях производства цинка и кадмия. Обжиг цинковых концентратов (печи КС). На предприятии 1 отвод технологических серосодержащих газов из печей "КС" осуществляется через два патрубка и две параллельные нитки из двух последовательных циклонов. Охлаждаются газы с помощью системы испарительного охлаждения и тепловых труб (термосифонов). После грубой очистки обжиговые газы поступают в электрофильтры, затем передаются на сернокислотный завод для производства серной кислоты по "классической" схеме методом однократного контактирования/однократной абсорбции.

Эмиссии в атмосферный воздух от гидрометаллургических процессов (выщелачивание и электролиз). В процессе электролиза в рабочую зону цеха происходят выбросы аэрозолей (серной кислоты и сульфата цинка). Посредством естественной вентиляции или через воздуходувки градирни (если это позволяют погодные условия) эти выбросы поступают в атмосферный воздух. Выбросы в атмосферный воздух от процессов выщелачивания и электролиза включают в себя эмиссии:

Zn и его соединений в отходящих газов от ванн выщелачивания и очистки;

H2SO4 в отходящих газов от ванн выщелачивания и очистки;

суммы AsH3 и SbH3 в отходящих газов от ванн выщелачивания и очистки;

Zn и его соединений в отходящих газах градирен процесса выщелачивания и электролиза;

H2SO4 в отходящих газах градирен процесса выщелачивания и электролиза;

суммы AsH3 и SbH3 в отходящих газах градирен процесса выщелачивания и электролиза.

Текущая ситуация на казахстанских предприятиях производства цинка и кадмия. На предприятии 1 выбросы вредных веществ, образующихся при проведении операций выщелачивания, производятся через свечи систем; выброс вредных веществ из помещения электролизного отделения производится через свечи вентиляционных установок, шахты и фонари; технологические аспирационные газы от катодоочистительных машин очищаются от твердого в фильтрах с плавающей насадкой типа КСШ. На предприятии 2 выброс запыленного воздуха из помещения электролизного отделения осуществляется в атмосферу без очистки через свечу (шахту); технологические аспирационные газы от катодоочистительных машин очищаются от твердого в конических скрубберах с шариковой насадкой КСШ, от индукционных печей – в рукавных фильтрах; выброс в атмосферу воздуха из помещения вакуум-испарительного отделения осуществляется через свечу общеобменной вытяжной вентиляции; воздух из помещения фильтровально-сушильного отделения ГМЦ выбрасывается естественной тягой через крышные проемы (шахты).

Эмиссии в атмосферный воздух от сернокислотной установки. Основным источником выбросов SOx являются прямые остаточные выбросы от сернокислотной установки. Эффективность предотвращения неорганизованных выбросов определяется полнотой удаления технологического газа (тягодутьевым режимом) и герметичностью газоходного тракта и оборудования.

Загрязненность сточных вод предприятий цветной металлургии зависит главным образом от состава перерабатываемого сырья и применяемых технологических реагентов, и от качества очистки (обезвреживания) сточных вод.

Сточные воды цинкового производства могут содержать:

грубодисперсные примеси в виде взвеси твердых частиц;

кислоты, применяемые в технологическом процессе в основном в качестве растворителей;

соли, содержащие ионы Fe, Cu, Ni, Pb, Zn, Co, Cd, As, Sb, и Hg, которые попадают в сточные воды в результате растворения их соединений при выщелачивании; различные реагенты, находящие широкое применение в отдельных гидрометаллургических производствах.

Производство драгоценных металлов

Аффинаж драгоценных металлов предполагает использование большого количества реагентов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Сюда относятся прежде всего такие реагенты, как: хлор, концентрированная азотная кислота, концентрированная соляная кислота, серная кислота, органические реагенты и органические растворители (при использовании экстракционных процессов).

Источниками выбросов в атмосферу при производстве драгоценных металлов являются процессы:

процесс сжигания;

операции по предварительной обработке;

процесс плавки (плавильные печи);

выщелачивание и очистка;

жидкостная экстракция;

электролиз;

процессы окончательного этапа восстановления и преобразования.

Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу при производстве драгоценных металлов, являются:

SOx (процессы сжигания, плавки и электролиза (электродный газ);

NOx (процессы горения, кислотное озоление);

пыль, металлы и их соединения (подготовительные и пирометаллургические операции);

Cl и пары соляной кислоты (процессы электролиза, выщелачивания и дистилляции);

NH3 и NHCl;

ЛОС и ПХХД/Ф (для ПХХД/Ф: процессы сжигания и плавки; для ЛОС: процессы жидкостной экстракции и дистилляции).

Основными источниками потенциальных сбросов загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты при производстве драгоценных металлов являются:

поверхностный водоотвод;

вода, использованная для прямого охлаждения;

вода, использованная для непрямого охлаждения;

вода, использованная в процессе выщелачивания (при отсутствии оборотной системы водоснабжения);

вода, использованная для процесса электролитического выделения;

вода, использованная в система очистки газа.

Основными загрязняющими веществами при производстве драгоценных металлов, содержащимися в стоках, являются металлы и их соединения.

Наилучшим вариантом предотвращения вредного влияния сточных вод на окружающую среду следует считать организацию частичного или полного водооборота и повторное использование сточных вод в производственном цикле. При введении водооборота хранилища сточных вод должны использоваться в качестве очистных сооружений. В случае сброса сточных вод в водоемы их очистка должна обеспечивать содержание каждой из загрязняющих примесей ниже предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового использования.

Выбор той или иной схемы очистки сточных вод зависит от многих факторов. Важнейшими из них являются: объем образующихся сточных вод, вид и концентрация загрязняющих веществ, физико-химические свойства примесей или их химических соединений, которые положены в основу метода очистки. При выборе схемы очистки должны учитываться возможности использования таких эффектных мероприятий, которые приводят к сокращению объема сбрасываемых вод, экономии технологической воды, устранению переливов и аварийных сбросов и так далее. В основе наиболее часто применяемых методов очистки сточных вод на предприятиях цветной металлургии лежат следующие процессы:

1) механическое отстаивание грубодисперсной взвеси, иногда с добавлением коагулянтов и флокулянтов;

2) осаждение примесей в виде труднорастворимых солей;

3) окисление примесей до безвредных соединений.

Возможны два варианта организации схем очистки сточных вод: последовательным выделением отдельных примесей с помощью соответствующих наиболее эффективных реагентов и комплексным выделением сразу большинства или всех загрязнений.

3.4. Производственный экологический контроль на объектах энергетики

В настоящее время в Казахстане до 90 % от общей выработки электроэнергии производится путем сжигания органического топлива, в основном, местных углей, в меньшей степени – углеводородного сырья.

Размещение электростанций по территории республики крайне неравномерно: основная часть электростанций, сжигающих уголь, размещается в Северной зоне. В Западной и Южной зонах количество электростанций и их мощность намного меньше, используемое топливо – газ, в Южной зоне – используются все виды топлива: уголь, газ, мазут.

Производство электроэнергии и/или тепла, потребляя значительные объемы природных сырьевых ресурсов, сопровождается образованием значительного объемы выбросов и отходов.

Сжигание органического топлива для производства электроэнергии и/или тепла ведет к поступлению в атмосферу выбросов газообразных (кислотных) веществ, пыли, и парниковых газов.

На производственные нужды используются значительные объемы водных ресурсов, зачастую из природных источников, иногда питьевого качества, и сопровождается эмиссиями в водные объекты.

Одной из ключевых экологических проблем являются выбросы в атмосферу.

Таблица 3.6. Влияние топливосжигающих установок на различные компоненты окружающей среды

№ п/п	Источник компонент окружающей среды Атмосфера (А) Вода (В) Почва (П)	Вещество												
		Пыль	SOx	NOx	CO	Органические соедин.	Кислоты/щелочи/соли	Хлорид водорода/фторид	Летучие органические соединения	Металлы и их соли	Cl (гипохлорит)	Hg и/или кадмий	PAH	Диоксины
1	Хранение и использование топлива	А				В			А					

2	Очистка воды	В								В		В		
3	Дымовой газ	А	А	А	А	А		А	А	А		А	А	А
4	Очистка дымовых газов	В				В				ВП		В		
5	Дренаж участка, вкл. дождевую воду	В				В								
6	Очистка сточных вод	ВП				В	В			П		П		
7	Продувочные воды систем охлаждения	В				В				В	В	В		
8	Испарение градирни								А					

Современные экологические проблемы топливосжигающих установок Республики Казахстан обусловлены следующим:

использованием в качестве топлива в основном углей, причем углей низкого качества с высоким содержанием золы, до 70 % электроэнергии вырабатывается путем сжигания угля;

концентрацией пылеугольных станций преимущественно в Северной зоне, в местах их добычи;

размещением мощных угольных ТЭЦ в густонаселенных городах и областных центрах;

устаревшими технологиями сжигания угля, преимущественно в факеле;

значительным физическим и моральным износом основного и вспомогательного оборудования;

низкой эффективностью золоулавливания и отсутствием газоочистки;

низким уровнем использования энергосберегающих технологий;

снижением тепловой нагрузки и, как следствие, снижение эффективности производства;

повышенным расходом воды на технологические нужды, ограниченным использованием оборотных и повторных систем водоснабжения;

отсутствием технологий по переработке ЗШО;

отсутствием непрерывного контроля за уровнем выбросов.

По итогам 2018 года общие выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников республики составили 2,225 млн. тонн, в их числе доминируют выбросы SOx.

На энергетику приходится 941 тыс. тонн (2018 г.) или 42 % от общих выбросов загрязняющих веществ по республике. На рисунке 3.2. представлена динамика изменения отраслевых выбросов за последние годы.

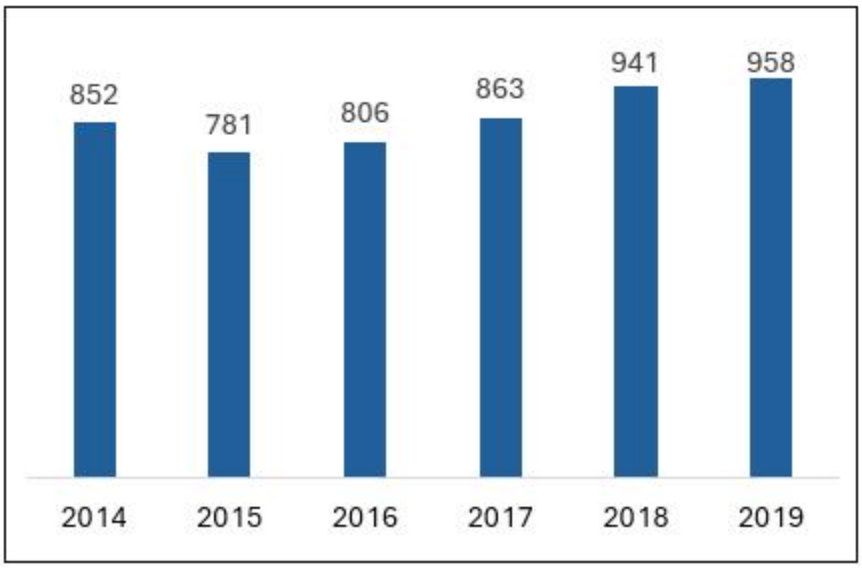


Рисунок 3.2. Динамика изменения отраслевых выбросов, тыс. тонн.

В региональной структуре выбросов преобладают выбросы от энергоисточников Северной зоны (92 %), а среди них выбросы Карагандинской (39 - 42 %) и Павлодарской (38 - 39 %) областей.

На рисунке 3.3. приведены выбросы в атмосферу от топливосжигающих установок (≥ 50 МВт) по зонам энергоснабжения (отчет 2018 г.), вместе с общим годовым объемом потребления топлива.

Структура выбросов по зонам энергоснабжения определяется типом используемого топлива (рисунок 3.3.).

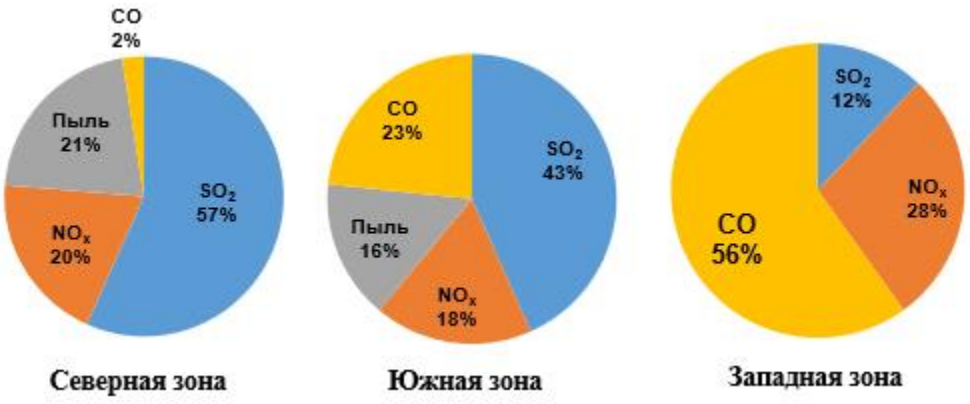


Рисунок 3.3. Структура выбросов по зонам энергоснабжения.

На электростанциях и котельных Республики Казахстан, сжигающих топливо, имеется множество стационарных источников выбросов в атмосферу как организованных, так и неорганизованных, от которых в атмосферу поступает порядка до 30 видов загрязняющих веществ в зависимости от вида топлива и парниковые газы, такие, как CO2.

Основная доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на организованные источники выбросов с отходящими газами топливосжигающих установок через дымовые трубы – порядка 99 % – 99,5 % от общего количества выбросов. В их составе основные загрязняющие вещества, образуемые при сжигании угля в котлах: SOx,, NOX, CO, пыль неорганическая: 70 – 20 % SiO2 (зола угольная). Выбросы золы угольной также включают выбросы твердых частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм, называемые PM10 и диаметром менее 2,5 мкм, называемые PM2.5.

Другие вещества, такие, как тяжелые металлы, HF, HCl, несгоревшие углеводороды , неметановые летучие органические соединения (НМЛОС) и диоксины, выделяются в меньших количествах (доля их не превышает 0,5 % – 1,0 % в общем объеме выбросов), но оказывающие значительное влияние на окружающую среду из-за их токсичности или стойкости.

Выбросы пяти основных загрязняющих веществ по технологии производства являются постоянными, осуществляемыми непрерывно в течение года, выбросы прочих загрязняющих веществ носят периодический характер.

В настоящее время в республике насчитывается порядка 400 топливосжигающих установок (≥ 50 МВт). Структура их по мощности и виду топлива представлена на рисунке 3.4.

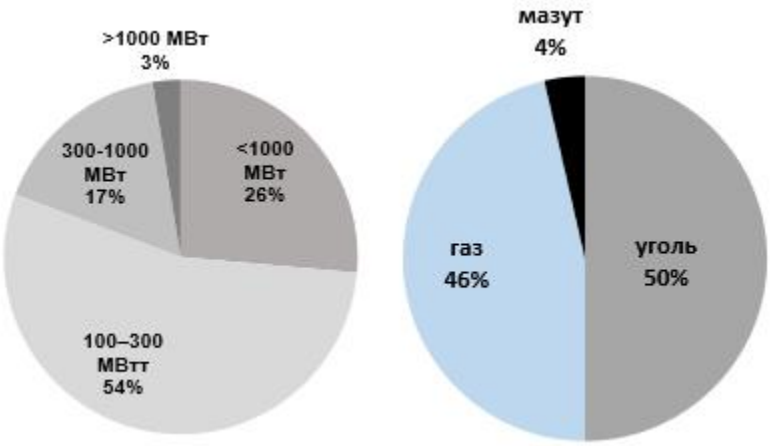


Рисунок 3.4. Структура топливосжигающих установок по мощности и виду топлива

.

В соответствии с установленными требованиями экологического законодательства все предприятия, имеющие стационарные источники выбросов, в том числе и топливосжигающие установки, сдают отчетную форму 2 ТП-воздух, утвержденную БНС АСПР РК, в которой содержатся сведения о выбросах всех загрязняющих веществ , включая выбросы SO2, NOx, CO и пыли.

3.5. Производственный экологический контроль в производстве цемента и извести

Цементная промышленность является энергоемкой отраслью промышленности, в которой доля расходов на электроэнергию составляет 30 – 40 % от стоимости производства конечного продукта. Традиционно применяемым твердым ископаемым топливом является каменный уголь.

Главные воздействия на окружающую среду при производстве цемента связаны со следующими факторами:

пыль (выбросы из дымовых труб и быстроиспаряющиеся компоненты);

газообразные выбросы в атмосферу (NOX, SO2, CO, другое).

Выбросы пыли (особенно от печей) как загрязняющий окружающую среду фактор цементного производства вызывают наибольшее беспокойство.

В основном причиной выбросов пыли являются сырьевые заводы, печи для обжига, клинкерные холодильники, цементные мельницы. Основная особенность этих процессов заключается в том, что горячий отработанный газ или отработанный воздух проходит через измельченный до состояния пыли материал, что приводит к образованию дисперсионной смеси газа и пыли. Основные свойства частиц зависят от исходного материала, клинкера или цемента. Пылеобразование из рассредоточенных источников на территории завода может происходить в результате хранения и погрузки , то есть в транспортной системе, складских запасах, во время движения подъемного

крана, упаковки в мешки и т.д., и в процессе транспортировки, во время движения транспорта по грунтовым дорогам. Поскольку химический и минералогический состав цементной пыли подобен природному камню, ее воздействие на здоровье человека считается вредным, но не токсичным.

В выбросах возможно присутствие другие загрязнителей, такие, как соединения хлора, если печь также используется для сжигания отходов.

Газообразные выделения от системы печей, выбрасываемые в атмосферу, являются главной проблемой в борьбе с загрязнением окружающей среды при производстве цемента. Основные газы, которые выбрасываются в атмосферу – это NOx и SO2. Концентрация маркерных загрязняющих веществ предприятий цементной отрасли указана в таблице 3.7.

Таблица 3.7. Концентрация маркерных загрязняющих веществ

№ п/п	Предприятие	Технологический процесс	Концентрация маркерных загрязняющих веществ, мг/Нм³									
			NO		NO2		Пыль неорг., содержащая двуокись кремния в %: менее 20		SO2		Пыль неорг., содержащая двуокись кремния в %: 70 -20	
			max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Предприятие А	Производство клинкера	51,147	38,925	330,511	247,107	350,535	272,349	322,208	289,987	-	-
2		Производство цемента	-	-	-	-	927,205	12,054	-	-	-	-
3	Предприятие В	Производство клинкера	613,753	500,0	179,765	100,0	337,205	25,0	114,174	65,0	538,925	529,0
4		Производство цемента	-	-	-	-	-	-	-	-	2874,326	10,0
5		Производство извести	613,753	610,0	103,707	100,0	34,591	30,0	114,174	95,0	-	-
		Производство										

6	Предприятие C	цемента	176,0	17,0	1080,48	28,0	590,0	101,0	420,0	19,30	674,0	48,0
7		Производство извести	7,8	2,66	42,9	16,4	998,0	105,0	220,0	13,0	-	-
8	Предприятие D	Производство цемента	95,6	83	623	542	-	-	31,28	27,2	65,5	56,98
9	Предприятие E	Производство клинкера	0,0169	0,0169	0,1042	0,1042	0,0179	0,0179	0,3353	0,3353	-	-
10	Предприятие F	Производство цемента - помол	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0308	0,008
11	Предприятие J	Производство цемента	70,0	50,0	600,0	450,0	50,0	10,0	-	-	25,0	15,0
12	Предприятие K	Производство цемента	-	-	-	-	30,0	30,0	-	-	-	-
13	Предприятие L	Производство клинкера	71,052	3,0	437,241	1,0	98,242	0,958	182,958	1,0	54,651	1,363
14		Производство цемента	-	-	-	-	-	-	-	-	10,916	0,47
15	Предприятие M	Производство цемента	201,7	13,652	542,4	45,0	112,64	11,713	168,7	5,0	40,36	0,954

Пыль неорганическая, содержащая SiO в %: 70 – 20 считается более вредной для организма человека. Информация по выбросам пыли на выбранных цементных заводах носит противоречивый характер, диапазон значений максимума и минимума свидетельствует о возможных нарушениях в эксплуатации очистного оборудования. Для современных цементных заводов сухого способа производства при правильно подобранной системе обеспыливания и своевременном проведении технического обслуживания выбросы пыли из цементных печей обычно не превышают 50 мг/Нм3. В ЕС большая часть выбросов пыли находится в пределах 0,27 и менее 30 мг/Нм3. Значения концентрации при постоянных измерениях показаны как среднегодовые

величины из 24-часовых измерений. Измеренные величины относятся к 1 м3 сухого газа при нормальных условиях (стандартная температура для газов, равная 273,15 К (0 °С), 101,325кПа).

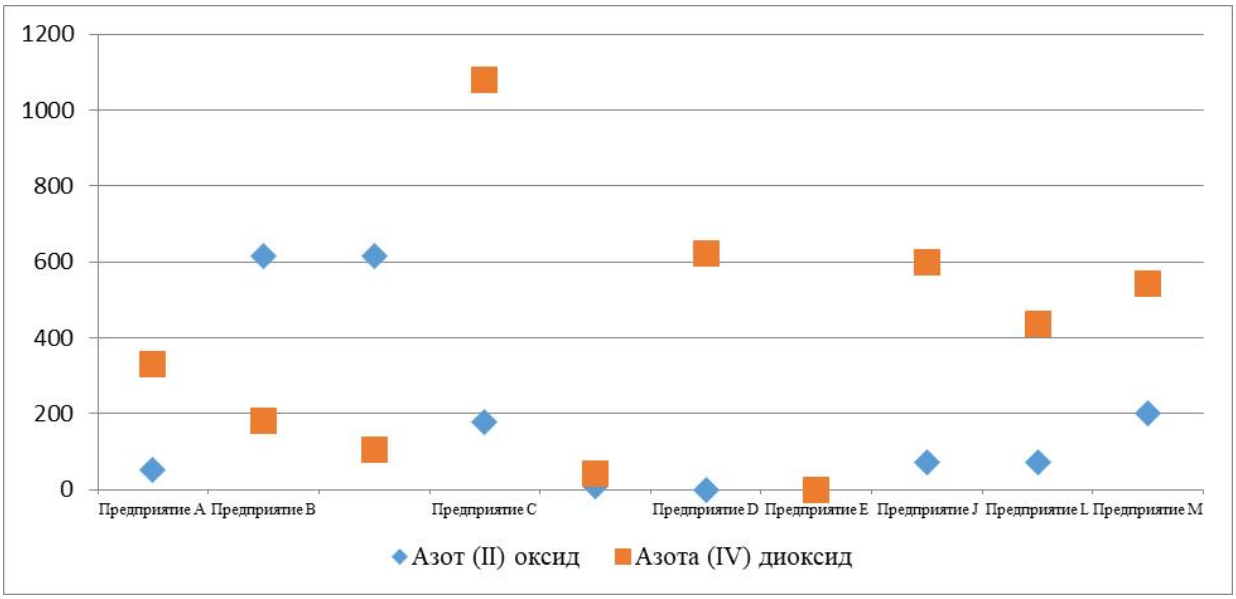


Рисунок 3.5. Концентрация азота (II) оксида и азота (IV) диоксида, мг/Нм3.

NOx представляют собой одно из маркерных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в процессе обжига клинкера во вращающихся печах. NOx состоят из смеси монооксида NO (95 %) и диоксида азота NO2 (5 %). Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий цементного производства рассчитываются в соответствии с Методикой расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий цементного производства (приложение № 6 к [76]). В случае отсутствия возможности проведения прямых измерений допускается использование расчетных методов.

В ЕС нормирование выбросов оксидов азота осуществляется на основании данных постоянного измерения, нормируется сумма оксидов, выраженная в NOX. Среднегодовое выделение NOX из Европейских цементных печей составляет около 785 мг/нм3 (в пересчете на NO2) с минимумом в 145 мг/Нм3 и максимумом 2940 мг/Нм3. Непрерывные измерения концентрации в течение 24 часов представлены как среднегодовые показатели. Измеренная величина относится к сухому воздуху при нормальных условиях (273,15 К, 101,325кПа).

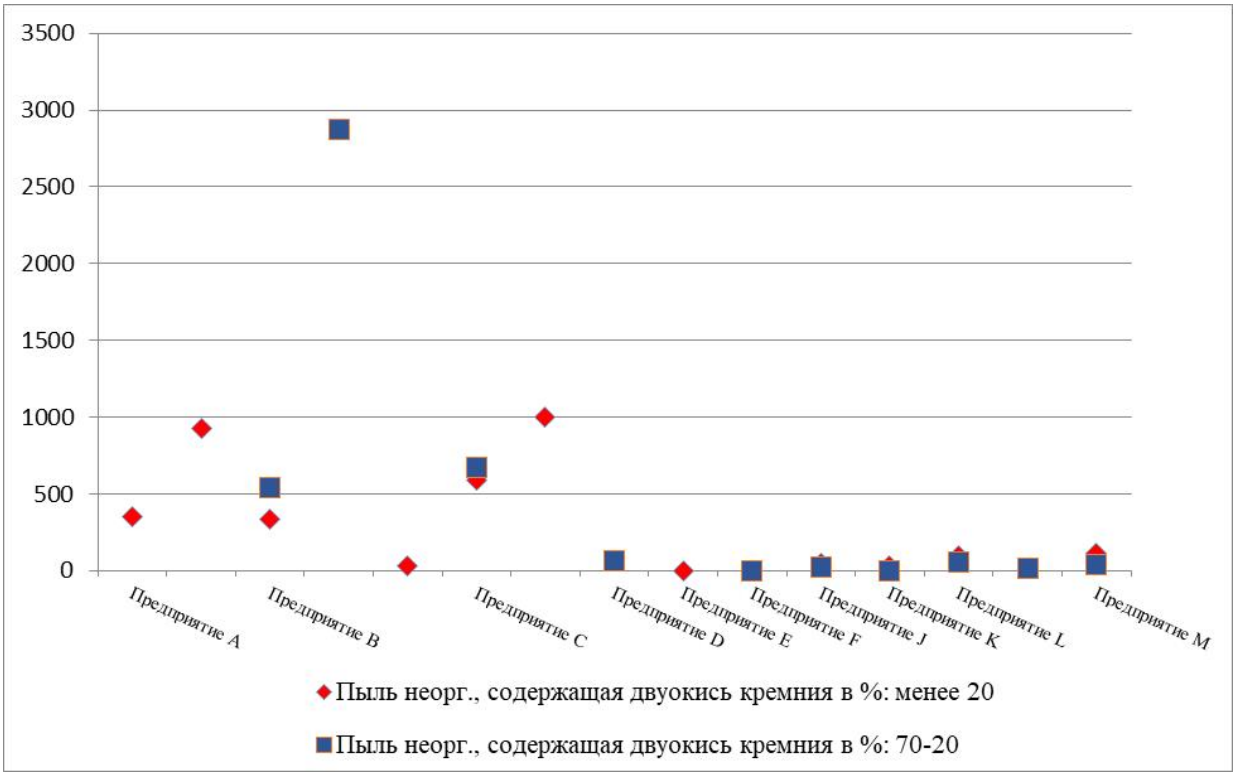


Рисунок 3.6. Концентрация пыли неорганической, содержащей двуокись кремния в %: менее 20 и 70 – 20, мг/Нм3.

Максимальные выбросы пыли из цементных печей наблюдаются на старых цементных заводах, оснащенных электрофильтрами вертикального типа и работающих длительное время без модернизации и необходимого технического обслуживания.

Для снижения выбросов пыли на цементных заводах используются различные устройства: пылеосадительные камеры, циклоны (одиночные или групповые), скрубберы (мокрые циклоны), рукавные фильтры и электрофильтры.

Пылеосадительные устройства различаются по эффективности своего действия.

Минимальной эффективностью (способностью улавливать пыль) обладают пылеосадительные камеры и одиночные циклоны, максимальной – рукавные фильтры и электрофильтры.

Правильный подбор оборудования для обеспыливания газов и обеспечение оптимальных режимов его работы позволяют снизить выбросы пыли при производстве цемента до приемлемых уровней.

Выбросы SO2 в первую очередь обусловлены наличием летучей серы в сырьевом материале. SO2 выбрасывается со стороны низкотемпературной части печи. При высоких температурах сера, присутствующая в сырье в виде сульфатов, распадается только частично и практически полностью забирается из печи с клинкером.

Сера выбрасывается из печей в виде SO2 в отходящих газах, CaSO4 и других компонентов клинкера и пыли. Однако большая часть серы соединяется (включается) в клинкер или выгружается из системы.

Выбросы SO2 на цементных заводах зависят от общего количества сульфатных соединений, применяемого способа производства и в первую очередь определяются содержанием летучей серы в сырьевых материалах и в топливе. Потенциальные выбросы SOX зависят от циркуляции серы в печи.

Выбросы SO2 значительно увеличиваются при следующих отклонениях от нормальных режимов работы печи:

восстановительная среда при обжиге клинкера, снижающая связывание SO2 в нелетучие неорганические соединения;

чрезмерное накопление сульфатов при длительном внутреннем кругообороте летучих соединений серы в печи и/или циклонном теплообменнике.

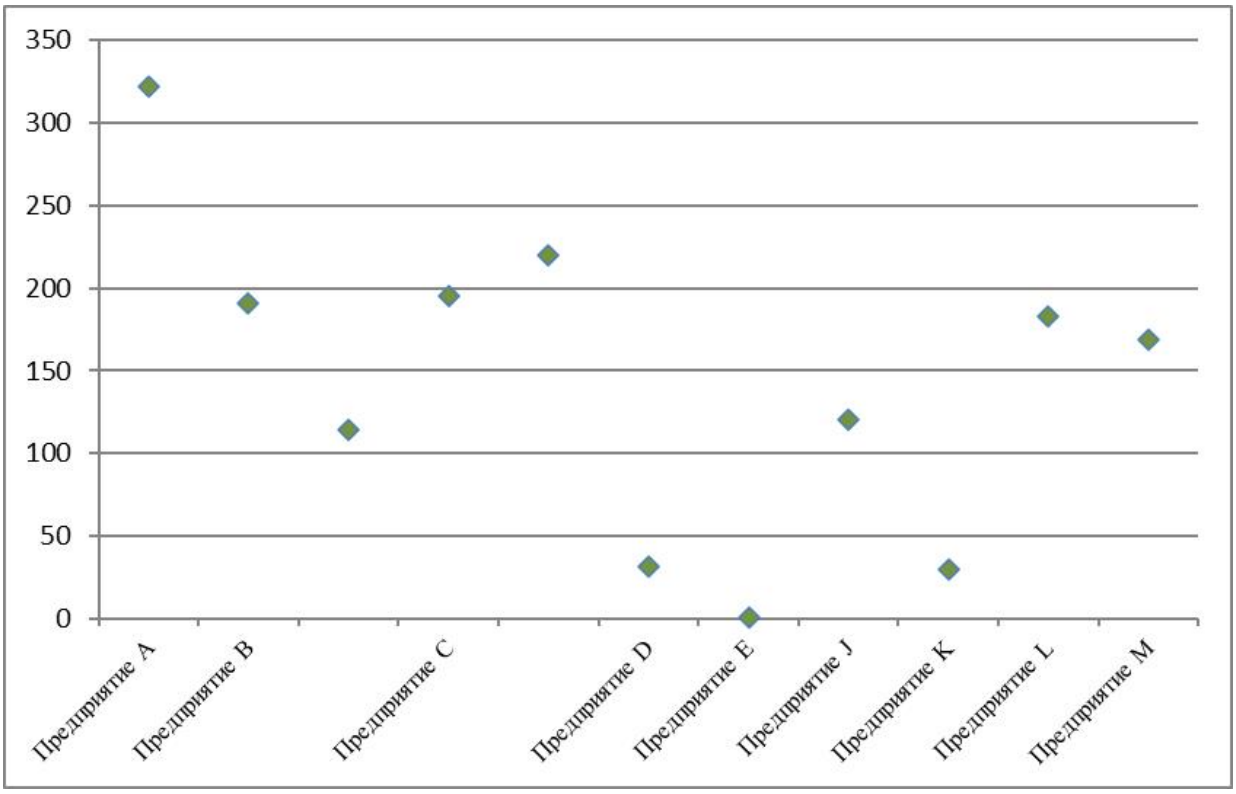


Рисунок 3.7. Концентрация серы диоксида, мг/Нм3.

Вышеуказанный рисунок показывает, что одно предприятие из 10-и установило технологию на снижение выбросов SOX, на 7-и предприятиях достигают параметров НДТ, предприятие F не производит клинкер, одно предприятие не достигает параметров НДТ.

Основным экологическим аспектом предприятия является выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Валовые выбросы предприятий зависят, в первую очередь, от состояния пылеочистного и технологического оборудования. Из таблицы 3.8. видно, что самый большой валовый выброс у предприятия D (697 537,4 тонн в год). У предприятия D валовый выброс диоксид азота (IV) составляет 428 624 тонн в год (max).

Таблица 3.8. Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

№ п/п	Предприятие	Количество валовых эмиссий, т/год	
		max	min
1	Предприятие A	1 020,282	736,778
2	Предприятие B	11909,447	7689,918
3	Предприятие C	2 978,029	1 102,224
4	Предприятие D	697537,4	606063,5
5	Предприятие E	14122,178	13260,461
6	Предприятие F	530,113	441,543
7	Предприятие J	2815,021	2375,032
8	Предприятие K	4843,218	3604,562
9	Предприятие L	9122,479	3743,176
10	Предприятие M	2657,914	715,530

У предприятия F самое низкое значение по валовым выбросам загрязняющих веществ в атмосферу (441,543 тонн в год), которое показывает хорошее состояние и эффективную работу пылеочистного и технологического оборудования.

В основном цементная промышленность не имеет производственных сточных вод. Из таблицы 3.9. определены только 3 предприятия которые производят сброс сточных вод. Предприятие C производит сброс на поля фильтрации, предприятие L – сброс в пруд-накопитель.

Из таблицы 3.9. видно, что количество валовых эмиссий у предприятия F значительные. Предприятие F производит сброс нормативно-очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод от очистных сооружений в водный объект. Сбросы промышленной отработки месторождения известняков производят на рельеф местности в южном направлении от карьера. Сброс карьерных сточных вод карьера суглинков производится на рельеф местности.

Таблица 3.9. Валовые сбросы загрязняющих веществ

№ п/п	Предприятие	Количество валовых эмиссий, т/год	
		max	min
1	Предприятие L	11,8782	0,0894
2	Предприятие B	-	-
3	Предприятие J	-	-
4	Предприятие E	-	-

5	Предприятие F	4025,1578	3380,206
6	Предприятие M	-	-
7	Предприятие D	-	-
8	Предприятие K	-	-
9	Предприятие C	0,172689	0,096234
10	Предприятие A	-	-

3.6. Производственный экологический контроль в производстве продуктов химической промышленности

Основными воздействиями на окружающую среду, связанными с крупнотоннажным производством твердых и других неорганических химических веществ, являются выбросы газов, пара и пыли химических соединений. Организованные выбросы поступают в атмосферу через специально сооруженные газоходы, воздуховоды. Неорганизованные выбросы попадают в атмосферу как ненаправленные потоки газа в результате нарушений герметичности аппаратуры, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу газа в местах загрузки сырья, выгрузки и хранения продукции.

Средняя концентрация маркерных загрязняющих веществ, мг/м3 представлена на рисунке 3.8. (предприятие А).

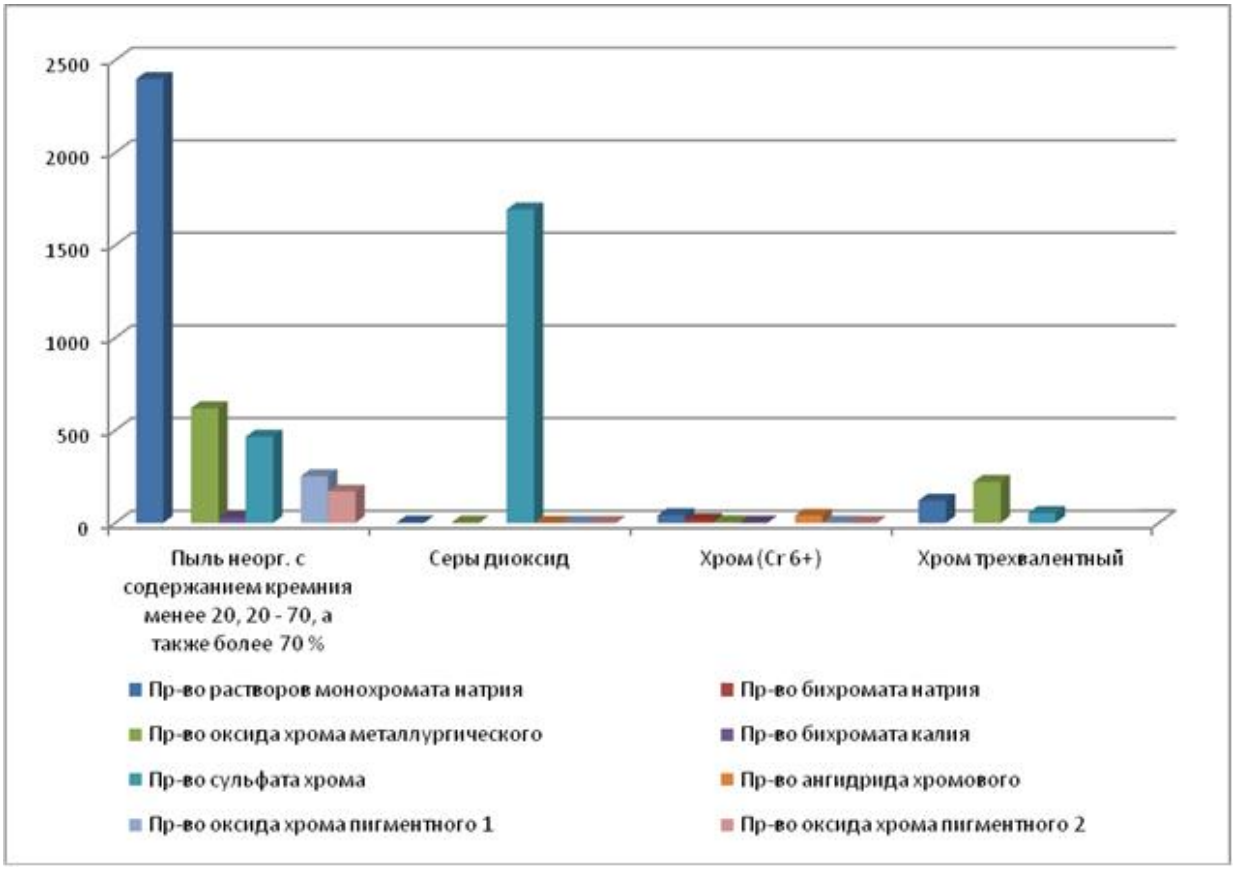


Рисунок 3.8. Средняя концентрация маркерных загрязняющих веществ, мг/м3.

Как видно из указанной структуры выбросов загрязняющих веществ, основной объем выбросов составляет пыль. Значимое процентное содержание SO2 в выбросах возникает ввиду использования серы в качестве технологического сырья.

Метод производства – электротермический, восстановление фосфатов углеродом в присутствии кремнезема в руднотермических печах. Источники выбросов – конвейера, печи, барабанные грануляторы, электрофильтры. В целом по предприятию выявлено 362 источника загрязнения атмосферы, в том числе организованных источников – 201 и неорганизованных – 161, для которых установлены нормативы выбросов. Выбросы загрязняющих веществ состоят из 61 ингредиентов, в том числе эффектом суммации обладают 20 загрязняющих веществ, составляющих 16 групп суммации вредного воздействия.

Мониторинг эмиссий проводится собственной аккредитованной лабораторией, имеющей аттестат аккредитации. Автоматизированный мониторинг в настоящее время не осуществляется.

3.7. Производственный экологический контроль иных отраслей

Производственный экологический контроль иными отраслями, указанными в Приложении 2 к Экологическому кодексу, фактически осуществляется в виде периодического производственного мониторинга в рамках программы ПЭК в соответствии с установленными нормами экологического законодательства и действующего экологического разрешения.

При этом операторам объектов предоставлена возможность перехода на непрерывный автоматизированный производственный мониторинг с внедрением АСМ.

3.8. Основные выводы

Существующая ситуация по проведению операторами объектов производственного экологического контроля показывает, что мониторинг эмиссий осуществляется преимущественно посредством периодического мониторинга с привлечением аккредитованных лабораторий.

Текущий статус внедрения автоматизированной системы мониторинга эмиссий среди операторов объектов I категории порядка 30 % предприятий подключены к информационной системе мониторинга эмиссий в окружающую среду с непрерывной передачей данных в технические средства фиксации, 30 % предприятий находятся на стадии подключения к системе и тестирования передачи данных и преобладающая доля (около 38 %) на рассматриваемый период времени не подали заявки на подключение к информационной системе с целью передачи данных.

Оборудование для проведения непрерывного мониторинга эмиссий загрязняющих веществ установлено на 50 % предприятий из рассматриваемого перечня.

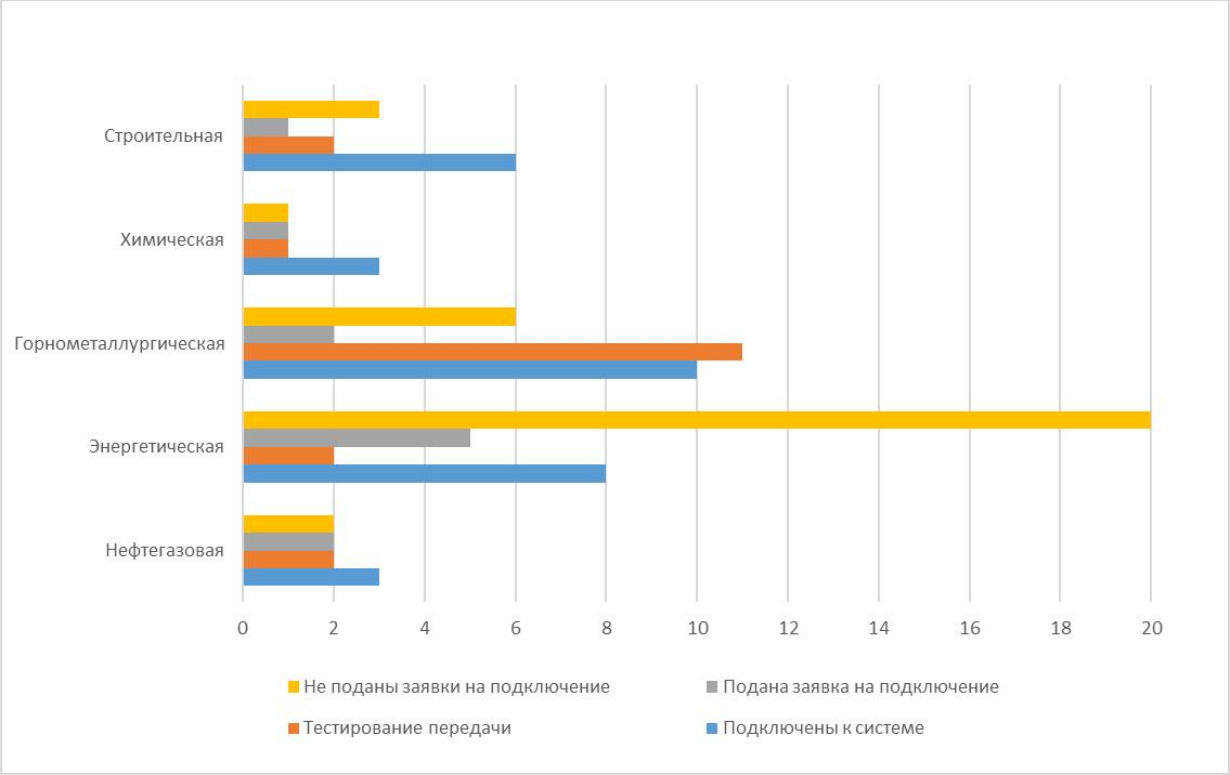


Рисунок 3.9. Статус внедрения АСМ операторами объектов.

4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов

4.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

В настоящем разделе описываются общие методы мониторинга эмиссий в окружающую среду, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие технического переоснащения, реконструкции объекта, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Раздел 4 охватывает системы мониторинга и управления охраной окружающей среды. Описанные техники охватывают наиболее эффективные и действующие методы мониторинга эмиссий в окружающую среду для последующего оперативного вмешательства с целью предотвращения или ограничения экологических последствий.

4.1.1. Периодические измерения выбросов

Единый информационный ресурс, содержащий полную информацию о существующих методиках выполнения измерений, использующихся для контроля атмосферного воздуха и выбросов, представлен в Реестре государственной системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан (данный перечень постоянно обновляется с учетом современного технологического развития отраслей промышленности и систем мониторинга).

Применяемые методики выполнения измерений должны быть аттестованы и зарегистрированы в Реестре государственной системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан согласно законодательству об обеспечений единства измерений.

При мониторинге экологической обстановки существует три уровня проведения аналитических исследований при контроле загрязнения внешней среды.

Первый уровень предусматривает применение портативных приборов, анализаторов или комплектов, определяющих общий уровень загрязнений или имеющих дискретную шкалу измерения конкретных загрязнителей (контроль, проводимый в полевых условиях при помощи портативных анализаторов – определение и обнаружение суммарного количества загрязнений или обнаружение и предварительное определение концентраций веществ).

Второй уровень – анализ, осуществляемый в полевых условиях более точными портативными приборами – газовыми или жидкостными хроматографами, рентгено-флуоресцентными анализаторами и иными средствами мониторинга и контроля (фактическая идентификация определения содержания присутствующих специфических веществ и их смесей в различных средах).

Третий уровень предусматривает лабораторные исследования. Лаборатории, в которых проводятся такие исследования, должны строго соблюдать требования нормативных документов, действующих национальных и межгосударственных стандартов, методики выполнения измерений и других предписанных процедур и/или иметь разрешение на применение иных нормативно-технических и нормативных правовых актов согласно действующему законодательству Республики Казахстан.

Анализ методик выполнения измерений по атмосферному воздуху и промышленным выбросам показал, что спектр определяемых веществ достаточно широк, начиная от простых компонентов (металлы и их соединения, оксиды и т.д.) и заканчивая сложными соединениями (метил-трет-амиловый эфир, полихлорированные дибензо-п-диоксины, дибензофураны и т.д.).

Наибольшее распространение получили хроматографические, спектрометрические (в том числе гибридные, например, хромато-масс-спектрометрические), титриметрические, фотометрические, оптические (фотометрические) методы, электрохимические (титриметрические, потенциометрические) методы, гравиметрические и некоторые другие методы.

При определении содержания вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и технологических выбросах в условиях периодических измерений в лабораторных условиях, необходимой стадией является отбор проб и пробоподготовка. Погрешность результата измерений, возникающая на этой стадии, вносит заметный вклад в общую (суммарную) погрешность и в некоторых случаях сравнима или превышает измерительную приборную погрешность.

В методиках выполнения измерений вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и технологических выбросах применяются следующие основные способы пробоотбора, связанные с использованием:

сорбционных трубок (заполненных сорбентом, поглотительным раствором и иное);

фторопластовых пакетов (мешков) с последующим их анализом на газоанализаторе;

специальных газовых шприцев;

пробоотборных зондов (например, пробоотборная установка с пробоотборной трубкой, установленной в газоходе);

поглотительных растворов;

методов внешней (на фильтры) или внутренней (в патроны с фильтрующим материалом) фильтрации с помощью аспирационного устройства (с последующим переводом в раствор).

Места и участки измерений должны быть спроектированы так, чтобы обеспечить репрезентативный отбор проб отходящего газа и измерение распределения загрязняющих веществ и контрольных количеств.

В плоскости измерения требуются определенные условия потока, то есть упорядоченный и стабильный профиль потока без завихрения и обратного потока, чтобы репрезентативно определять скорость отходящего газа и массовую концентрацию измеряемой величины. Измерительная плоскость должна располагаться в той части канала отходящего газа, где ожидаются однородные условия потока и концентрации.

4.1.2. Анализ проб отработанного газа

Для периодических измерений проба отработанного газа отбирается из источника выбросов и загрязнитель анализируется в режиме онлайн с помощью портативных устройств мониторинга, либо фиксируется в абсорбирующей жидкости, на фильтре или адсорбенте. После этого жидкий или твердый образец анализируется в лаборатории.

В следующих разделах представлена информация о конкретных аспектах мониторинга наиболее распространенных загрязнителей воздуха, в том числе о принципах измерения.

4.1.2.1. Методы для измерения оксида углерода

Оптимальный метод для измерения монооксида углерода обеспечивается использованием недисперсионной инфракрасной спектрометрии (НДИС). Подавляются помехи от других поглощающих газов, в частности от воды и углекислого газа, и нестабильность и дрейф детектора, например, путем измерения на определенной длине волны, использования двухэлементных мониторов и/или использования корреляции газового фильтра. Общая неопределенность метода составляет менее ± 6 % относительно предельного допустимого выброса.

4.1.2.2. Методы для измерения пыли

Метод для измерения пыли основан на изокинетическом отборе проб, фильтрации с помощью плоского фильтра и гравиметрии. Осадки перед фильтром в пробоотборном оборудовании также собираются и взвешиваются. Отбор проб осуществляется при соответствующей температуре, чтобы минимизировать влияние термически нестабильной пыли.

Измерения пыли в отходящих газах, насыщенных водяным паром, сложнее, чем в сухих отходящих газах.

Для более точной оценки воздействия на окружающую среду общих выбросов пыли может оказаться целесообразным измерение низких концентраций с помощью импакторов. Метод основан на использовании двухступенчатого каскадного импактора , который разделяет частицы на 3 группы с аэродинамическим диаметром более 10 мкм , от 10 мкм до 2,5 мкм и менее 2,5 мкм. Отделенные частицы осаждаются на сборных пластинах и резервных фильтрах, а затем измеряются гравиметрическим методом.

4.1.2.3. Методы для измерения оксида азота

Для измерений NOX рекомендуется использовать метод, основанный на хемилюминесцентном обнаружении. В реакционной камере анализатора отбираемый газ смешивается с озоном, в результате чего NO преобразуется в NO2. Часть NO2, образующегося в ходе этой реакции, излучает свет, интенсивность которого пропорциональна содержанию NO. Испускаемое излучение фильтруется с помощью селективного оптического фильтра и преобразуется в электрический сигнал с помощью фотоэлектронного умножителя. Для определения NOX отобранный газ подается через конвертер, в котором NO2 восстанавливается до NO, и последний анализируется также, как описано ранее. Затем концентрацию NO2 допускается рассчитать по разнице между концентрацией NOX и концентрацией, полученной только для NO (когда отобранный газ не прошел через конвертер). Когда используется анализатор двойного типа, NO и NOX определяются одновременно. В однотипном анализаторе в реакционную камеру поочередно подают неочищенный газ и газ, прошедший через конвертер, который восстанавливает NO2 до NO. Поэтому NO и NOX определяются поочередно.

Методы для измерения NO был подтвержден в ходе полевых испытаний на установках для сжигания отходов, совместного сжигания на крупных сжигательных установках, и на эталонном испытательном стенде.

4.1.2.4. Методы для измерения оксидов серы

Определенный объем отработанного газа извлекается, фильтруется и пропускается через абсорбционный раствор, содержащий перекись водорода, которая окисляет SO2 до сульфата, количественное содержание которого определяется ионной хроматографией или титрованием.

Фактическое измерение допускается основывать на различных методах, включая поглощение ИК- или УФ-излучения, УФ-флуоресценцию.

В некоторых случаях выбросы SOX могут быть определены анализом топлива.

4.1.2.5. Методы для измерения метана

Проба отходящего газа извлекается из канала, фильтруется и вводится в газовый хроматограф. После разделения на насадочной или капиллярной колонке метан определяется пламенно-ионизационным или спектрографическим детектором.

4.1.2.6. Методы для измерения газообразных хлоридов и фторидов

Методы измерения газообразных хлоридов и фторидов осуществляются преимущественно путем извлечения через фильтрующие элементы и пропуска через абсорбционные растворы (например, воду). Образовавшийся хлорид/фторид определяется анализом воды. Хлор/фторсодержащие соединения, летучие при температуре фильтрации и образуют растворимые хлорид/фторидные соединения при реакции с водой.

4.1.2.7. Методы для измерения общего содержания ртути и ее соединений

Известный объем отработанного газа извлекается изокинетическим способом (или неизокинетическим, если содержание ртути в пыли и каплях соответствует <1 мкг/м3), фильтруется и пропускается через абсорбционный раствор. Фильтр перерабатывается. Дигестат на фильтре и абсорбционный раствор анализируются с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС). Результат представляет собой концентрацию ртути и ее соединений, независимо от их состояния (газообразный, растворенный в каплях, твердый, адсорбированный на частицах).

Допускается использовать альтернативный метод: отбор проб с помощью ловушки с сорбентом. Определенный объем отходящего газа пропускается через фильтры-ловушки сорбента с соответствующей скоростью потока. Используемый сорбент в основном состоит из галогенированного углерода. Использованные фильтры-ловушки анализируются традиционными методами анализа воды, либо небольшими системами термодесорбции.

4.1.2.8. Методы определения массовой концентрации металлов и их соединений

Определение массовой концентрации следующих элементов: металлоидов Sb, As, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Tl и V.

Известный объем отработанного газа изокинетически извлекается, фильтруется и пропускается через абсорбционный раствор. Фильтр, абсорбционный раствор и промывочные растворы возвращаются для анализа. Фильтр проходит процесс очистки для повторного использования.

Жидкие образцы окончательно анализируются, с помощью масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой или атомно-абсорбционной спектрометрии.

4.1.2.9. Методы для измерения полициклических ароматических углеводородов

Для измерения полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) применяются методы анализа проб с помощью:

метода подогреваемого фильтра/конденсатора/адсорбера;

метода разбавления;

метода охлаждаемого зонда/адсорбера.

Все три метода основаны на изокинетическом отборе проб с последующим анализом образцов с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) со спектрофотометрическим и флуоресцентным детектированием или с использованием масс-спектрометрии с газовой хроматографией.

В атмосфере полициклические ароматические углеводороды, содержащие четыре или более кольца, имеют тенденцию адсорбироваться на частицах, в то время как ПАУ, содержащие от двух до четырех колец, обычно находятся в газообразной форме. В отработанных газах распределение ПАУ между газовой фазой и частицами зависит от ряда факторов, таких, как температура, масса выбрасываемых частиц, размер частиц и водяной пар, и тип и концентрация ПАУ.

Токсичность, в частности канцерогенность ПАУ, значительно варьируется от одного вещества к другому. Бензопирен считается одним из самых токсичных ПАУ и иногда используется в качестве индикатора общей концентрации ПАУ в отходящих газах.

4.1.2.10. Методы измерения ПХДД/ПХДФ и диоксиноподобных ПХД

Наиболее распространенными методами определения ПХДД/ПХДФ и диоксиноподобных ПХД (с анализом проб) являются:

метод фильтра/конденсатора;

метод разбавления;

метод охлаждаемого зонда.

4.1.2.11. Методы измерения общего летучего органического соединения

Для определения общих летучих органических соединений используется пламенно-ионизационный детектор (далее – ПИД) с системой очистки измеряемого газа, которая предотвращает загрязнение частицами и/или конденсатом внутри прибора

.

ПИД ионизирует органически связанные атомы углерода в водородном пламени, и измеряет ток ионизации. Одним из преимуществ ПИД является то, что он показывает незначительное влияние ряда неорганических соединений (например, CO, CO2, NO и H2O). Чувствительность ПИД зависит в основном от количества атомов углерода, но также и от молекулярной структуры (то есть одинарных или двойных связей, количества и природы гетероатомов, длины цепи и структуры кольца). Например, ПИД обычно менее чувствителен к кислородсодержащим органическим соединениям по сравнению с чистыми углеводородами с тем же числом атомов углерода на молекулу.

В случае отходящих газов от процессов, не связанных со сжиганием (от использования органических растворителей), общие летучие органические соединения допускается измерить, используя метод, основанный на каталитическом окислении. Отработанный газ фильтруется и разделяется на два потока. Первый поток проходит

через каталитический нейтрализатор для полного окисления органических соединений до CO2, который затем измеряется недисперсионным инфракрасным методом. Второй поток напрямую направляется в недисперсионный инфракрасный анализатор для измерения CO2. Разница в концентрациях CO2 между двумя потоками равна концентрации CO2, происходящей из органических соединений. Преимущества по сравнению с ПИД включают большую безопасность (отсутствие пламени, отсутствие водорода), одинаковые коэффициенты отклика отдельных органических соединений с одинаковым числом атомов углерода и отсутствие помех из-за кислорода.

В качестве альтернативы для измерения органических соединений допускается использовать фотоионизационные детекторы (далее – ФИД). ФИД работают также, как ПИД, за исключением того, что для ионизации используется ультрафиолетовый свет.

ПИД и ФИД имеют разную чувствительность и калибруются для разных газов. Следовательно, аналитические результаты несопоставимы. В общих чертах, ПИД больше реагируют на длину углеродной цепи, тогда как ФИД больше реагируют на функциональные группы. ПИД показывает относительно похожий отклик на пропан, изопропанол и ацетон (немного уменьшающийся в этом порядке, потому что все эти соединения имеют три атома углерода, тогда как ФИД не очень чувствителен к пропану, умеренно чувствителен к изопропанолу и очень чувствителен к ацетону.

4.1.2.12. Метод измерений для иных загрязняющих веществ

Выполнение измерений портативными измерительными приборами массовой концентрации загрязняющих веществ от промышленных выбросов: мышьяковистый водород (арсин), оксид углерода, диоксид углерода, оксид азота, диоксид азота, SOx, метан, кислород, сумма предельных углеводородов (в пересчете на метан).

Портативные газоизмерительные приборы используют следующие типы сенсоров (но не ограничиваясь):

электрохимический (NO, NO2, SO2, CO);

оптический (NO, NO2, H2S, SO2, CO, CO2, CH4);

полупроводниковый (CH4);

термохимический (термокаталитический) (CO, CH4, CO2);

хемилюминесцентный (NO, NO2).

Измерение основано на преобразовании данных сенсора в электрический сигнал, величина которого пропорциональна величине содержания измеряемого компонента.

4.1.3. Косвенные методы

Общие аспекты косвенных методов описаны в разделе 1.3.2.2.

4.1.3.1. Применение замещающих параметров

Примеры количественных замещающих (косвенных) параметров могут включать:

общие летучие органические соединения вместо индивидуальных органических соединений;

расход топлива и состав топлива для определения расхода дымовых газов печи;

системы прогнозного мониторинга выбросов, которые исходят из комбинаций замещающих, косвенных параметров.

4.1.3.2. Системы прогнозного мониторинга выбросов (PEMS)

Системы прогнозного мониторинга выбросов (PEMS – predictive emission monitoring system) – это системы, используемые для определения концентраций выбросов загрязняющего вещества на основе их взаимосвязи с рядом характерных постоянно контролируемых параметров процесса (например, расход топливного газа, соотношение воздух/топливо) и данных о качестве топлива или сырья (например, содержание серы) в источнике выбросов.

PEMS распространен в таких странах, как США, Нидерланды, в которых разработана нормативная база по созданию и эксплуатации прогнозных систем мониторинга выбросов в качестве альтернативы применения систем непрерывного мониторинга выбросов.

За последние пять лет произошло значительное увеличение использования систем PEMS, что связано с быстрым развитием скорости и мощности вычислительных технологий и растущим появлением методов искусственного интеллекта.

4.1.3.3. Баланс масс на примере анализа топлива

Анализ топлива является примером баланса массы. В зависимости от промышленного сектора допускается использовать для прогноза выбросов SO2, металлов и других веществ на основе применения законов сохранения, если доступен массовый расход топлива. Основное уравнение, используемое в расчетах выбросов при анализе топлива, следующее:

$$E=Q\times c100\times(M_W\ M_{WE})\times t\times(100-R),$$

где:

E – годовая нагрузка выбрасываемых химических веществ (кг/год);

Q – массовый расход топлива (кг/ч);

c – концентрация элементарного загрязнителя в топливе (мас. %);

MW – молекулярная масса выделяемых химических веществ (г/моль);

MWE – элементарный вес загрязнителя в топливе (г/моль);

t – часы работы (ч/год);

R – коэффициент удерживания (мас. %), то есть массовая доля элементарного загрязнителя, остающегося в процессе сгорания (например, в виде золы).

4.1.4. Периодические измерения неорганизованных выбросов

Контроль неорганизованных источников осуществляется с использованием расчетных методов на основе физико-химических законов.

4.1.5. Другие методы

4.1.5.1. Измерения у источника

Оптическое изображение газа

Технология OGI (Optical Gas Imaging) позволяет дистанционно визуализировать утечки. В оптическом изображении газа используются небольшие легкие портативные ИК-камеры, которые позволяют визуализировать утечки газа в режиме реального времени, так что они выглядят как "дым" на дисплее вместе с обычным изображением соответствующего оборудования. Этот метод в основном используется для простого и быстрого обнаружения значительных утечек ЛОС, например, от технологического оборудования, арматуры резервуаров для хранения, фланцев трубопроводов или вентиляционных отверстий.

Активные системы OGI основаны на обратном рассеивании инфракрасного лазерного луча оборудованием и его окружением, в то время, как пассивные системы OGI основаны на естественном инфракрасном излучении, исходящем от оборудования и его окружения.

Преимуществом OGI является возможность обнаружения утечек под изоляцией и экранирования на расстоянии, в целях определения выбросов ЛОС от оборудования, недоступного для обнаружения. OGI часто используется в программах обнаружения и устранения утечек (LDAR).

В Нидерландах NTA 8399:2015 содержит рекомендации по обнаружению неорганизованных выбросов ЛОС с использованием пассивных систем OGI.

OGI также может использоваться для обнаружения летучих выбросов неорганических соединений, таких, как аммиак, диоксид хлора, закись азота, SOx и гексафторид серы.

4.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

В данном разделе рассматривается мониторинг сбросов в водные объекты, включая следующую информацию:

загрязняющие вещества;

периодические измерения;

замещающие параметры;

испытания на токсичность и оценка сточных вод в целом.

Определение качества воды включает измерение отдельных веществ, и в значительной степени измерение суммарных параметров.

4.2.1. Периодические измерения загрязняющих веществ в сбросах

Периодичность измерения загрязняющих веществ в сбросах, и базовые условия для сбросов сточных вод определены в профильных отраслевых справочниках по НДТ.

Если не указано иное, периодичность измерения загрязняющих веществ в сбросах определяется в соответствии с ПЭК. Как правило, данные измерения основаны на периодическом отборе проб через фиксированные интервалы, которые могут зависеть

от времени, объема или расхода, с последующим анализом исследуемых параметров в лаборатории (на месте или за пределами объекта). Что включает обработку, хранение и транспортировку проб с учетом требований последующего анализа.

4.2.2. Анализ проб воды

В следующих подразделах представлена информация о конкретных аспектах мониторинга наиболее распространенных параметров воды, в том числе о принципах измерения.

4.2.2.1. Метод определения адсорбируемых органически связанных галогенов

Метод прямого определения количества в воде органически связанного хлора, брома и йода (выраженного в виде хлорида), адсорбируемого на активированном угле.

Существуют три подхода к нанесению образца на активированный уголь:

1) метод встряхивания образца вместе с активированным углем;

2) метод пропускания образца через колонку с активированным углем;

3) метод твердофазной экстракции (SPE), который особенно удобен для работы с жидкими образцами, содержащими большое количество неорганических галогенидов.

Органические соединения, содержащиеся в пробе подкисленной воды, адсорбируются на активированном угле при встряхивании, перемешивании или в колоне. Впоследствии неорганические галогениды вытесняются из загруженного активированного угля промывкой. Наконец, активированный уголь сжигается и дымовой газ проходит через абсорбционный раствор. Образующиеся галогенид-ионы определяют аргентометрическим титрованием (например, микрокулометрией).

Данный метод применим к исследуемым образцам с концентрацией связанных галогенов более 10 мкг/л и образцам с концентрацией неорганических хлорид-ионов менее 1 г/л. Образцы с более высокими концентрациями перед анализом разбавляют.

Спирты, ароматические соединения или карбоновые кислоты могут вызывать отрицательное смещение (например, в случае концентрации растворенного органического углерода более 100 мг/л).

Данный метод также применим к образцам, содержащим взвешенные твердые вещества, в которых галогены адсорбируются на твердом веществе (например, нерастворимые галогениды). Фильтрация пробы перед анализом позволяет раздельно определять растворенные и твердые адсорбируемые органически связанные галогены (AOX) (рисунок 4.1.).



Рисунок 4.1. Элементарный анализатор.

Источник: [26]

AOX показывает общий уровень галогенорганических соединений в пробах воды (хлорорганические, -бромные и -йодные соединения). Фторорганические соединения не охватываются этим методом. Кроме того, восстановление летучих соединений, и некоторых полярных и гидрофильных соединений (например, хлоруксусной кислоты) является неполным. Высокие концентрации органических соединений или хлоридов помешать измерению AOX и, следовательно, потребовать разбавления пробы или использования альтернативного метода.

Альтернативным параметром является EOX (экстрагируемые органически связанные галогены), определение которых основано на жидкость-жидкостной экстракции галогенированных органических соединений неполярным растворителем, таким, как гексан. После разделения фаз растворитель сжигается, а дымовой газ проходит через абсорбционный раствор. Образующиеся галогенид-ионы впоследствии определяют аргентометрическим титрованием (например, микрокулометрией).

AOX разделяется на адсорбируемые органически связанные хлорид, бромид и йодид путем анализа вышеупомянутого абсорбционного раствора с помощью ионной хроматографии и определения проводимости вместо использования аргентометрического титрования.

4.2.2.2. Метод для определения биохимического потребления кислорода

Параметр БПК измеряет количество растворенного кислорода, потребляемого биохимическим окислением органических и/или неорганических веществ при определенных условиях через n дней, обычно через пять или семь дней (БПК5 или БПК7). БПКполн. – показатель полного завершения процесса окисления.

Определение биохимической потребности в кислороде по истечении n суток (БПК n). Метод разбавления и засева с добавлением аллилтиомочевины в зависимости от времени инкубации.

БПКn уже давно используется и до сих пор применяется для мониторинга сточных вод с установок биологической очистки сточных вод. Тем не менее результат мониторинга БПКn имеет некоторые недостатки:

результат измерения зависит от местных условий (например, посевного материала);

погрешность измерений для БПКn выше, чем для ООУ/ХПК;

результаты измерений доступны только через несколько дней.

4.2.2.3. Метод для определения химического потребления кислорода/ общего органического углерода

Параметр ХПК преимущественно используется для косвенного измерения количества органических соединений в воде путем измерения массы кислорода, необходимой для их полного окисления до диоксида углерода. В наиболее распространенных методах для измерения ХПК используют хромат в качестве окислителя и соли ртути для подавления влияния неорганического хлорида.

Параметр общего органического углерода используется для прямого измерения количества органических соединений в воде. Наиболее распространенные методы измерения используют камеру сгорания для полного окисления органических веществ до CO2, который затем измеряется с помощью ИК-спектрометрии.

4.2.2.4. Метод для измерения аммонийного азота (NH4-N)

Аммиачный азот (NH4-N) включает свободный NH3 и NH4+. NH4-N обычно измеряется для контроля стадии нитрификации биологических очистных сооружений или токсичности сточных вод, поскольку свободный NH3 в концентрациях выше (примерно 0,2 мг/л) может вызвать гибель нескольких видов рыб [27].

Взаимодействие аммиака с NH4-N зависит от pH: при значениях pH ниже 8 NH3 составляет менее 10 %, при значениях pH ниже 7 – менее 1 %.

Метод дистилляции и титрования для определения содержания аммония в природной, питьевой и сточной воде. Метод применяется для определения содержания аммонийного азота в исследуемой пробе до 10 мг. Установление pH пробы в диапазоне 6,0 – 7,4. Добавление окиси магния для получения среднещелочной среды; дистилляция выделившегося в свободном состоянии аммиака и сбор его в

колбу-приемник, содержащий раствор борной кислоты. Титрование аммония в дистилляте стандартным объемным кислотным раствором, используя борную кислоту/ индикаторный раствор.

4.2.2.5. Методы для измерения содержания хрома (VI)

Из-за канцерогенной природы шестивалентного хрома (VI) он измеряется в дополнение к общему содержанию хрома. Растворенный хром (VI) обычно состоит из хромата (CrO42-), водородхромата (HCrO4-) и дихромата (Cr2O7 2-). Равновесие между этими видами зависит от pH и общей концентрации хрома (VI). Наиболее распространенным методом измерения содержания хрома (VI) является ионная хроматография.

4.2.2.6. Метод для измерения цианида

Свободный цианид включает ионы цианида (например, CN-) и цианид, связанный в слабых комплексах цианида металлов, которые выделяют цианистый водород (например, HCN) при pH 3,8. Общий цианид также включает более сильные металлоцианидные комплексы за исключением цианида, связанного в комплексах кобальта, золота, платины, родия и рутения, извлечение которых может быть частичным.

Основные методы для измерения цианида:

спектрофотометрический;

фотоколориметрический.

Фотоколориметрический метод в диапазоне массовых концентраций от 0,02 до 1,0 мг/дм3 не распространяется на сточные воды, сильно загрязненные органическими веществами.

4.2.2.7. Метод определения индекса жидких нефтепродуктов

Определение индекса жидких нефтепродуктов осуществляется методом жидкостной экстракции и газовой хроматографией. Метод определения индекса углеводородного масла представляет сумму концентраций соединений, извлеченных и проанализированных в соответствии с определенной процедурой. Индекс нефтепродуктов включает длинноцепочечные или разветвленные алифатические, алициклические, ароматические или алкилзамещенные ароматические углеводороды и измеряется в концентрациях выше 0,1 мг/л.

Очищенный экстракт анализируют с помощью газовой хроматографии (ГХ) с пламенно-ионизационным детектором (ПИД). Измеряется общая площадь пика между н-деканом (C10H22) и н-тетраконтаном (C40H82). Затем рассчитывается индекс углеводородного масла.

Допускается индекс углеводородного масла часто определяли экстракцией с галогенированным растворителем с последующей инфракрасной спектрометрией с преобразованием Фурье.

4.2.2.8. Метод определения ртути

Для измерения ртути используются следующие методы, в основе которых метод атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) с обогащением или без него (метод холодного пара). Для измерения без обогащения одно- и двухвалентные частицы ртути, включая ртутьорганические соединения, преобразуются в двухвалентную ртуть путем окисления броматом калия/бромидом калия, а затем восстанавливаются до элементарной ртути SnCl (II). Затем элементарная Hg удаляется из раствора и измеряется с помощью ААС.

Если применяется стадия обогащения, очищенная элементарная ртуть концентрируется на адсорбенте, подходящем для амальгамирования (например, золотоплатиновой сетке), а затем десорбируется при быстром нагревании перед измерением с помощью ААС.

Также применяются методы спектрометрии атомной флуоресценции (AFS) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

4.2.2.9. Методы для измерения металлов и других элементов

Для измерения металлов и других элементов существует несколько методов (но не ограничиваясь):

масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS - inductively coupled plasma mass spectrometry);

оптическая эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES - inductively coupled plasma optical emission spectrometry).

Посредством масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой определяется перечень таких элементов, как: Al, Sb, As, Ba, Be, Bi, B, Cd, Cs, Ca, Ce, Cr, Co, Cu, Dy, Er, Gd, Ga, Ge, Au, Hf, Ho, In, Ir, Fe, La, Hg, Li, Lu, Mg, Mn, Hg, Mo, Nd, Ni, Pd, P, Pt, K, Pr, Rb, Re, Rh, Ru, Sm, Sc, Se, Ag, Na, Sr, Tb, Te, Th, Tl, Tm, Sn, Ti, W, U, V, Y, Yb, Zn, Zr. в питьевой воде, в поверхностных и сточных водах.

Для измерения образец вводится в радиочастотную плазму, где процессы передачи энергии из плазмы вызывают десольватацию, разложение, атомизацию и ионизацию элементов. Образовавшиеся ионы впоследствии извлекаются через вакуумный интерфейс с дифференциальной откачкой со встроенной ионной оптикой, разделяются масс-спектрометром на основе отношения их массы к заряду и обнаруживаются, как правило, с помощью непрерывного динодного электронного умножителя. В общем, ICP-MS – это наиболее универсальный и чувствительный метод многоэлементных измерений, но он также и самый дорогой.

Посредством оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой определяется перечень следующих элементов: Al, Sb, As, Ba, Be, Bi, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Ga, In, Fe, Hg, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, S, Sn, Ti, W, V, Zn, Zr..

Образцы вводятся в радиочастотную плазму, где происходит возбуждение генерируемых атомов и ионов. Генерируемые характеристические спектры излучения

рассеиваются решетчатым спектрометром, а интенсивность света на определенных длинах волн измеряется детектором (рисунок 4.2.).



Рисунок 4.2. Пример оптико-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой.

4.2.2.10. Методы определения фенольного индекса

Фенольный индекс, отражающий суммарное содержание летучих фенолов, возможно определить двумя методами, оба основанные на анализе потока:

определение фенольного индекса (без перегонки) после экстракции;

определение фенольного индекса (без экстракции) после дистилляции.

В первом методе образец подается в поток-носитель, где фенольные соединения окисляются перманганатом калия, и образующиеся хиноны реагируют с 4-аминоантипирином с образованием окрашенных продуктов конденсации. Их экстрагируют хлороформом и измеряют спектрофотометрически при 470 – 475 нм. Ароматические амины также образуют продукты конденсации, приводящие к положительному смещению.

Для второго метода проба подается в поток-носитель, подкисляется фосфорной кислотой до pH 1,4 и перегоняется. Дистиллят содержит фракцию фенольных соединений, которая удаляется паром. Они окисляются гексацианоферратом (III) калия и образующиеся хиноны реагируют с 4-аминоантипирином с образованием желтых продуктов конденсации, которые измеряются спектрофотометрически при 505 – 515 нм

.

4.2.2.11. Методы определения растворенных сульфидов

Определение растворенных сульфидов осуществляется фотометрическим методом с использованием метиленового синего.

Для измерения образец фильтруют с последующим удалением сульфидов и абсорбцией в растворе ацетата цинка. Затем добавляются реагенты, с которыми

сульфид реагирует с образованием метиленового синего, который измеряется спектрофотометрически при 665 нм.

Определение легко выделяемого сульфида следует тому же принципу, за исключением того, что отгонка осуществляется при pH, равной 4. Легко высвобождаемый сульфид включает растворимые сульфиды.

4.2.2.12. Методы определения общего азота

Существуют три общих подхода к определению общего азота:

1) измерение общего азота, сумма соединений азота в форме аммоний - , нитрат- и нитрит-ион как общего связанного азота путем термического окисления с последующим хемилюминесцентным детектированием оксидов азота;

2) измерение общего азота путем влажного химического окисления пероксодисульфатом и последующее измерение нитрата;

3) измерение общего азота как суммы общего азота по Кьельдалю, нитратного азота (NO3-N) и нитритного азота (NO2-N).

В зависимости от характеристик пробы эти три подхода к определению общего азота могут привести к разным результатам, поскольку некоторые органические соединения окисляются в разной степени. Ни один из этих методов не распространяется на растворенный азот.

При сборе и оценке данных для обзоров справочников по НДТ важно, чтобы содержание общего азота было в одном формате, поскольку концентрации неорганических форм азота могут быть выражены для ионов (т.е. концентрации ионов NH4+, NO2- или NO3-) или для концентрации азота, который присутствует в форме этих ионов (например, NH4-N, NO2-N или NO3-N).

Общий азот часто считается более подходящим параметром, поскольку все формы органического и неорганического азота могут способствовать эвтрофикации. Общий азот отражает эффективность всей очистки сточных вод, включая предварительную обработку плохо биоразлагаемых органических соединений азота и удаление твердых частиц, содержащих азот. Общий азот допускается измерять одновременно с общим органическим углеродом. Напротив, параметр неорганического азота отражает эффективность биологической нитрификации и денитрификации.

Рекомендуется определение азота только в виде трехвалентного отрицательного заряженного иона азота.

4.2.2.13. Методы определения общего фосфора

Параметр "общий фосфор" включает все органические и неорганические соединения фосфора, растворенные или связанные с частицами. Неорганические формы фосфора включают HPO42-/H2PO4-, HP2O73-/H2P2O72- и олиго/полифосфаты. Органически связанный фосфор может содержаться в биомассе (например, в аденозинтрифосфате) или в фосфонатах (например, использоваться в качестве агентов против образования накипи для обработки охлаждающей воды).

Основные методы определения общего фосфора:

метод определения различных типов фосфатов с помощью спектрофотометрии с использованием молибдата аммония. Измерение ТР требует предварительного разложения пробы пероксодисульфатом или HNO;

метод плазменной оптико-эмиссионной спектрометрии (ICP-OES).

По сравнению со спектрофотометрическим методом, использование метода плазменной оптико-эмиссионной спектрометрии обеспечивает более высокую автоматизацию и одновременное измерение других элементов (например, металлов), но требуются более высокие инвестиции в оборудование.

4.2.2.14. Методы измерения общего количества взвешенных твердых частиц

Общее содержание взвешенных частиц включает как органические, так и неорганические взвешенные вещества. Обычно измеряют путем фильтрации пробы через стекловолокно с использованием вакуума или давления. Используется фильтр из боросиликатного стекловолокна с массой на единицу площади от 50 до 100 г/м2. Затем фильтр дренируют при 105°C ± 2°C и путем взвешивания определяют массу остатка, оставшегося на фильтре.

Общее содержание взвешенных частиц используется для описания эффективности методов удаления твердых частиц во время очистки сточных вод. В некоторых случаях уровень общего содержания взвешенных частиц коррелирует с уровнями других параметров, а именно БПК, ХПК/ООУ, общего фосфора, общего азота и металлов.

Оседающие твердые частицы необходимо отличать от взвешенных частиц, поскольку они представляют собой подфракцию общего содержания твердых взвешенных частиц, которая оседает при определенных условиях (например, после определенного времени оседания). Оседающие твердые частицы допускаются к определению объемно с помощью конуса Имхоффа или гравиметрически.

4.2.2.15. Метод определения нефтепродуктов (при наличии маслосистем в технологической схеме)

Основными методами определения нефтепродуктов (при наличии маслосистем в технологической схеме) являются: газовая хроматография, газовая хроматография с масс-спектрометрией, флуориметрический метод, инфракрасная спектроскопия.

Для применения данных методов определения нефтепродуктов необходимо осуществить отбор и подготовку проб, с последующей экстракцией нефтепродуктов из водной фазы с помощью органического растворителя (например, гексан) или с применением ультразвука для повышения эффективности экстрагирования. По итогам экстрагирования, в зависимости от располагаемых приборов измерений, проба помещается в газовый хроматограф, флуориметр, спектрограф для определения состава и концентрации углеводородов.

Газовая хроматография: использование газовой хроматографии для определения состава и концентрации углеводородов.

Газовая хроматография с масс-спектрометрией, более точный метод для идентификации и количественного анализа углеводородов.

Инфракрасная спектроскопия и флуориметрический метод: применяется преимущественно при низких концентрациях.

4.2.2.16. Экспресс-тесты

Тестовые наборы или экспресс-тесты являются альтернативой более традиционных аналитических методов измерения загрязняющих веществ сточных вод. Большинство тест-наборов включает колориметрические методы. Они бывают двух основных форматов: с использованием визуальных компараторов (например, для цветовых измерений) и с портативными или настольными спектрофотометрами.

Наборы для тестирования с использованием спектрофотометров в последние годы стали более совершенными и качественными и многие из них основаны на стандартных лабораторных методах. Результаты измерений хранятся в электронном виде для обеспечения прослеживаемости.

Пример тестового набора со спектрофотометром показан на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3. Пример тестового набора со спектрофотометром.

Тестовые наборы предлагают такие преимущества, как простота использования (например, предварительно упакованные реагенты, встроенные калибровки) и низкая стоимость, когда выполняется мало анализов.

4.2.3. Косвенные методы

Определение сбросов загрязняющих веществ покрывается измерением суммарных параметров, которые являются количественными замещающими параметрами. Косвенные методы представляют собой группу веществ:

1) содержащие один и тот же химический элемент или один и тот же химический элемент в определенных типах связи;

2) с похожими характеристиками.

Примеры использования замещающих параметров первого типа:

общий органический углерод вместо отдельных органических соединений;

общий азот вместо отдельных соединений азота;

адсорбируемые органически связанные галогены (AOX) вместо индивидуальных галогенированных органических соединений;

индекс углеводородного масла (HOI) вместо индивидуальных углеводородных соединений;

фенольный индекс вместо индивидуальных фенольных соединений.

Примеры второго типа параметров суммы включают следующее:

в случае ХПК – окисляемость бихроматом вместо отдельных органических соединений;

в случае БПКn – масса кислорода, потребляемого семенем аэробных микроорганизмов;

в случае испытаний на токсичность – влияние всех веществ, присутствующих в образце, на конкретный организм.

Примеры качественных замещающих параметров включают:

проводимость вместо отдельных соединений металлов в процессах осаждения и седиментации;

мутность вместо отдельных соединений металлов или взвешенных твердых частиц в процессах осаждения, седиментации и флотации.

Примеры индикативных замещающих параметров включают:

pH для процессов осаждения и седиментации;

pH для удаления кислотных или щелочных веществ;

изменение ощущаемых запахов на объекте как указание на неожиданные процессы очистки.

Комбинации замещающих параметров могут привести к более сильной корреляции между контролируемыми параметрами и ожидаемыми сбросами.

4.3. Биомониторинг

Биомониторинг относится к косвенным методам с применением суррогатных параметров и предусматривает использование биологических систем для мониторинга изменений окружающей среды в пространстве и времени.

Одним из видов биомониторинга являются методы биоиндикации с использованием растений.

Метод оценки разнообразия эпифитных лишайников обеспечивает основу для оценки воздействия антропогенного вмешательства, в частности для оценки воздействия загрязнения атмосферы.

Поскольку используется существующая популяция эпифитных лишайников, может потребоваться принять во внимание как региональные особенности флоры лишайников , так и местные условия. Этот метод не нацелен на оценку воздействия выбросов в атмосферу от конкретного источника или установки; однако он может дать представление об общем качестве окружающего воздуха.

Биомониторинг со мхами подразумевает отбор и подготовку проб мхов на месте для мониторинга биоаккумуляции атмосферных загрязнителей. Данный метод может использоваться для идентификации и локализации одного или нескольких источников выбросов, и для мониторинга уровней фонового загрязнения.

В некоторых государствах-членах ЕС используются методы биомониторинга с использованием различных растений для активного биомониторинга (например, гладиолус, ель, кудрявая капуста) или пассивного биомониторинга (отбор проб на месте листьев, таких, как пастбищная трава, растения кукурузы, огородные овощи и хвоя).

Некоторые методы позволяют определять качество окружающего воздуха по отношению к конкретным промышленным источникам, но, поскольку методы биомониторинга не позволяют проводить прямую количественную оценку выбросов, служат дополнением к исследованиям у источника (например, измерения выбросов) и/ или моделирование дисперсии.

4.4. Мониторинг запахов

Газообразные выбросы могут содержать пахучие вещества, которые воспринимаются обонятельной системой человека. Вещества могут быть неорганическими, такими, как HS или NH, или органическими, такими, как углеводороды, соединения серы (например, меркаптаны) или амины.

В зависимости от расположения установки выделение пахучих веществ может ощущаться населением, живущим поблизости от объекта. Как следствие, возникает необходимость в мониторинге выбросов запаха и, если источник может быть идентифицирован, принять меры по сокращению данных выбросов.

Существует несколько доступных способов количественного или качественного мониторинга запахов прямыми или косвенными методами.

4.4.1. Метод динамической ольфактометрии

Метод динамической ольфактометрии используется для проверки источника и позволяет определять интенсивность выбросов.

Метод позволяет производить два типа отбора проб: динамический отбор проб для прямой ольфактометрии, когда проба направляется непосредственно в ольфактометр и чаще отбор проб для отсроченной ольфактометрии, когда проба собирается и переносится в контейнер для проб для анализа. Преимущество динамического отбора проб – короткий период времени между отбором пробы и измерением, что снижает риск модификации пробы с течением времени. Недостатком является необходимость использования вентилируемых помещений, чтобы изолировать элементы панели от окружающей среды, обычно пахнущей. метод динамической ольфактометрии сложно реализовать и часто требует очень длинных линий отбора проб, что может привести к

модификации пробы (например, конденсацией, адсорбцией или проникновением воздуха). Напротив, отсроченная ольфактометрия снижает неопределенность измерения, помещая панель в наилучшие возможные условия.

В случае отложенной ольфактометрии отбор проб аналогичен отбору проб при других периодических измерениях загрязнителей воздуха и включает, рекомендуемую продолжительность отбора проб 30 минут и не менее трех последовательных измерений.

Сохранение целостности образца во время обработки, хранения и транспортировки имеет решающее значение и включает:

использование материалов без запаха при контакте с образцом;

при необходимости предварительное разбавление пробы азотом во избежание конденсации, адсорбции и химических превращений;

кондиционирование мешков для проб путем заполнения их пробным газом и повторного опорожнения.

4.4.2. Метод сетки

Метод сетки позволяет измерять экспозицию запаха для определения его уровня воздействия в окружающем воздухе в пределах определенной области оценки.

Метод рассчитан на квалифицированных членов экспертной комиссии для определения распределения частоты воздействия запаха в течение достаточно длительного периода (6 или 12 месяцев), чтобы быть репрезентативным для метеорологических условий исследуемой территории.

Параметр, измеряемый участниками экспертной комиссии – это частота появления запаха в час, которая представляет собой отношение положительных результатов теста (количество часов запаха) к общему количеству результатов теста для оценочного квадрата (или, в особых случаях, для точки измерения). Частота появления запаха в час является индикатором воздействия запаха и может использоваться для оценки воздействия узнаваемого запаха, исходящего от одного или нескольких конкретных источников запаха, испускаемых в конкретной области исследования.

4.4.3. Метод шлейфа

Метод шлейфа применяется с целью определения степени распознаваемых запахов от конкретного источника с использованием прямых наблюдений в полевых условиях членами экспертной комиссии при определенных метеорологических условиях (т.е. конкретном направлении, скорости ветра и турбулентности пограничного слоя).

Распространенность шлейфа запаха описывается точками, в которых происходит переход от отсутствия узнаваемого запаха к наличию исследуемого запаха. Форма шлейфа очерчена гладкой полилинией интерполяции, проходящей через точки перехода, местоположение источника и местоположение, определенное оценкой максимального распространения шлейфа.

4.5. Автоматизированная система управления технологическими процессами

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП) в интеграции с АСМ имеет важную роль в экологическом мониторинге эмиссий, помогая предприятиям контролировать и снижать вредное воздействие на окружающую среду. Внедрение АСУТП в дополнение к АСМ позволяет обеспечить точное и своевременное управление технологическими процессами и измерение выбросов загрязняющих веществ, что способствует соблюдению экологических нормативов и стандартов.

АСУТП предназначена для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления, в том числе обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с принятым критерием. Система автоматически регулирует работу оборудования (например, котлов, печей, реакторов) для поддержания выбросов на минимально возможном уровне.

При создании и внедрении АСУТП должны быть определены конкретные цели функционирования системы и ее назначение в общей структуре управления предприятием.

Такими целями являются:

экономия топлива, сырья, материалов и других производственных ресурсов;

обеспечение безопасности функционирования объекта;

повышение качества выходного продукта (изделия) или обеспечение заданных значений параметров выходных продуктов (изделий), в том числе эмиссий;

контроль достижения оптимальной загрузки (использования) оборудования;

оптимизация режимов работы технологического оборудования (в том числе, маршрутов обработки в дискретных производствах) и иное.

Следует отличать функции АСУТП в целом от функций, выполняемых всем комплексом технических средств системы или его отдельными устройствами.

Функции АСУТП подразделяются на управляющие, информационные и вспомогательные.

Управляющая функция АСУТП – это функция, результатом которой являются выработка и реализация управляющих воздействий на технологический объект управления.

Информационная функция АСУТП – это функция системы, содержанием которой являются сбор, обработка и предоставление информация о состоянии технологических процессов оперативному персоналу или передача этой информации для последующей обработки.

Вспомогательные функции АСУТП – это функции, обеспечивающие решение внутрисистемных задач. Вспомогательные функции не имеют потребителя вне системы и обеспечивают функционирование АСУТП (функционирование технических средств системы, контроль за их состоянием, хранением информации).

4.6. Автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов

Автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) – система электронных программно-технических средств для автоматизированного, в реальном масштабе времени дистанционного измерения, сбора, передачи, обработки, отображения и документирования процессов выработки, передачи или потребления энергоресурсов (электроэнергии, тепла, газа, воды) по заданному множеству пространственно-распределенных точек их измерения.

Основными компонентами АСКУЭ являются: измерительные приборы (счетчики электроэнергии, воды, газа и тепла, датчики качества энергоресурсов), средства передачи данных (кабельные системы или беспроводные системы Wi-Fi, GSM и другие), серверы для хранения и обработки данных с соответствующим программным обеспечением, интерфейсы отображения информационных данных.

Приборы учета энергоресурсов постоянно связаны с центром сбора данных прямыми каналами связи и опрашиваются в соответствии с заданным расписанием опроса (рисунок 4.4.).

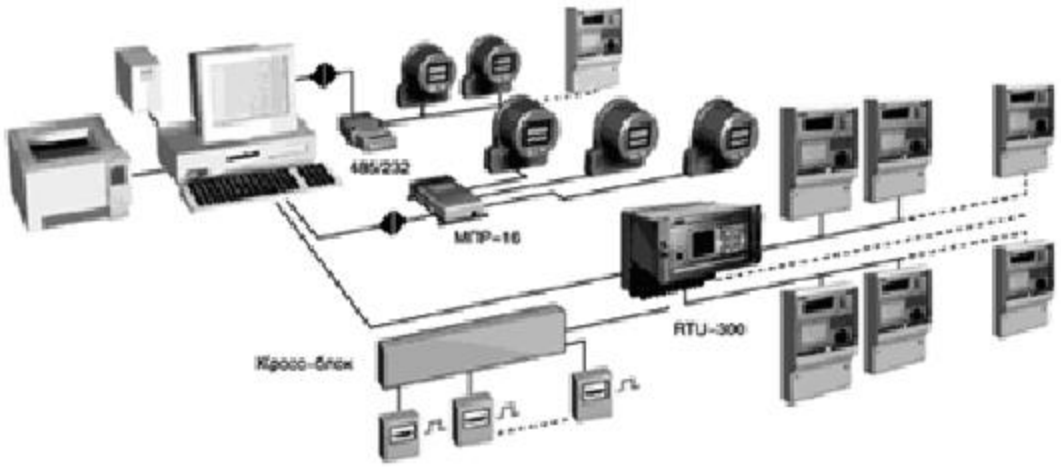


Рисунок 4.4. Типовая схема АСКУЭ с организацией автоматического опроса счетчиков локальным центром сбора и обработки данных.

Преимуществами внедрения АСКУЭ является:

1) экономия ресурсов:

оптимизация потребления энергоресурсов;

снижение потерь и неучтенных затрат;

2) повышение точности учета:

исключение человеческого фактора и ошибок при считывании показаний;

прозрачность и достоверность данных;

3) возможность проведения аналитических работ и последующее планирование расхода ресурсов.

5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник

5.1. Автоматизированная система мониторинга эмиссий на стационарных организованных источниках выбросов

АСМ является комплексом средств непрерывных измерений концентрации загрязняющих веществ в отходящих газах и сточных водах в единицу времени, ключевую роль в котором играют газоанализаторы. Требования к аналитическому оборудованию установлены на достаточно высоком уровне, так как именно данные аналитических исследований являются ключевыми при оценке соответствия экологическим нормативам предприятия. Общие требования к АСМ описаны далее в настоящем разделе.

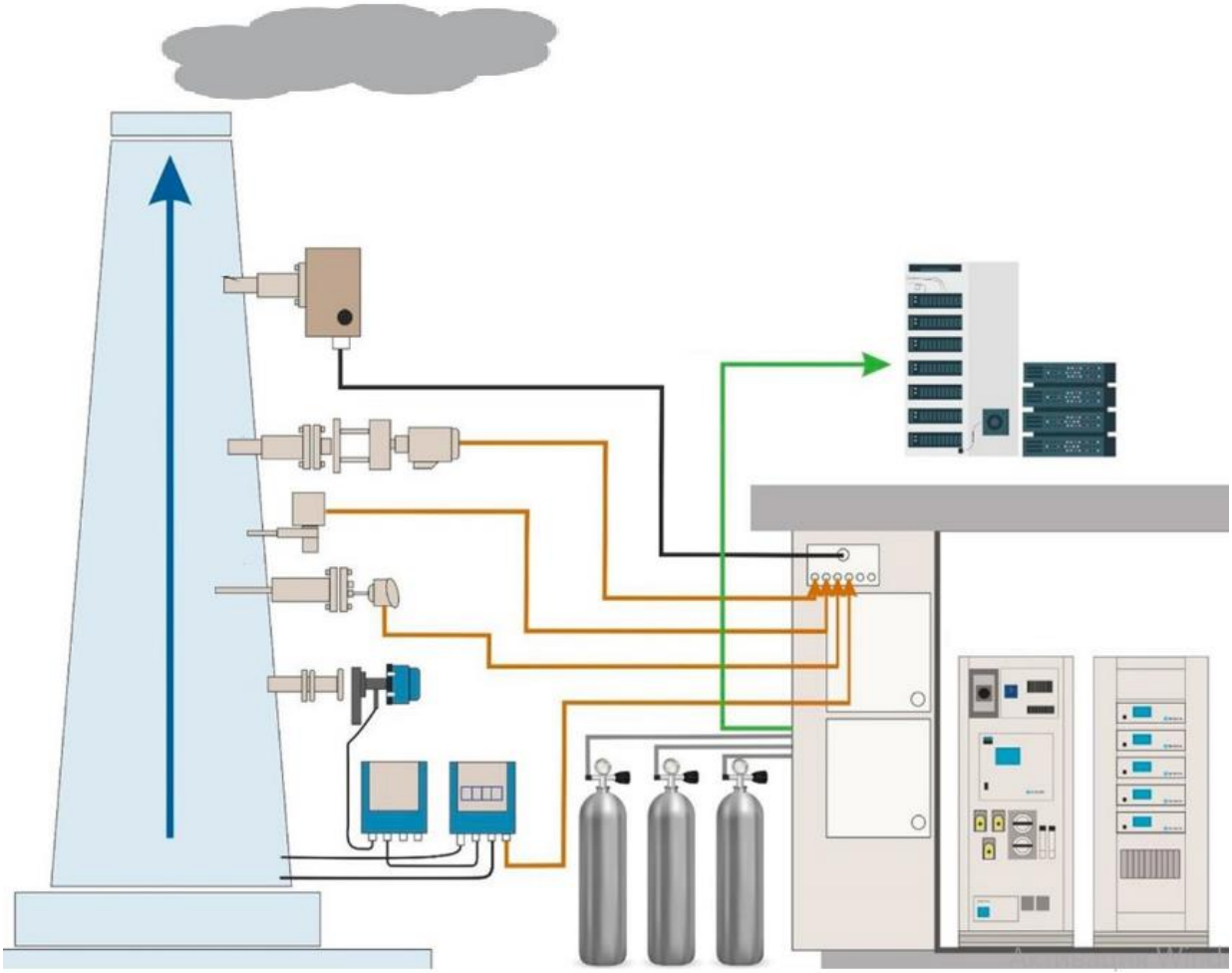


Рисунок 5.1. Принципиальная схема автоматической системы мониторинга выбросов в атмосферу.

К ключевым аспектам анализа загрязняющих компонентов в промышленных эмиссиях относятся объективность, достоверность и точность, поскольку эффективность измерений и общая работоспособность систем экологического

мониторинга и контроля на производстве зависят от уровня доверия к получаемым данным и их возможности для сравнения с аналогичными показателями других предприятий, отраслей и регионов, посредством сопоставления информационных данных. Объективность результатов достигается за счет использования автоматизированных измерительных устройств, функционирующих в непрерывном режиме без вмешательства человека. Достоверность результатов обеспечивается через комплексное применение инструментов и методик, гарантирующих метрологическую прослеживаемость измерений к первичным эталонам соответствующих физических величин. Задача сравнения результатов измерений уровня загрязнений в разнообразных газовых средах, которые отличаются по ряду параметров, таких, как влажность, температура, давление и т.д. для различных источников, решается путем приведения данных измерений к нормальным условиям (при 273,15 К и давлении 101,3 кПа). Для приведения концентрации выбросов загрязняющих веществ к нормальным условиям дополнительно к измерениям концентрации загрязняющих веществ измеряются следующие параметры отходящих газов:

объемный расход;

температура;

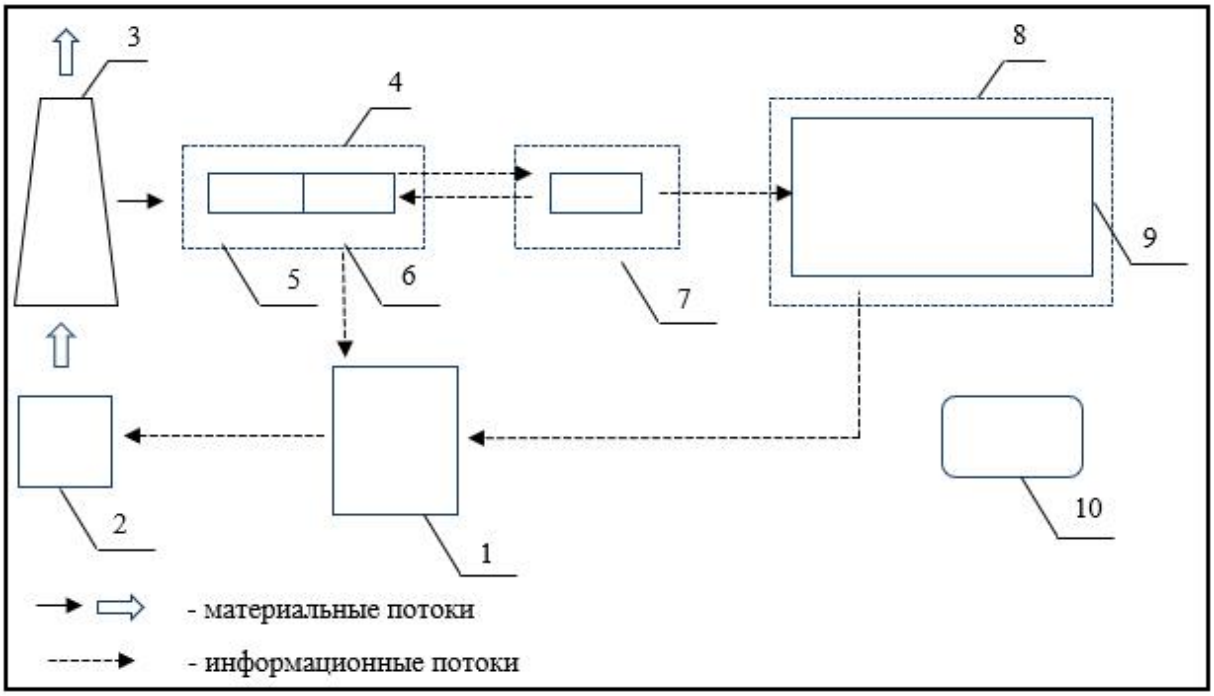
содержание паров воды (влажность);

абсолютное давление;

содержание кислорода.

Таким образом, формируется набор средств измерений, входящих в автоматическую систему мониторинга загрязняющих веществ в промышленных выбросах, которые должны в автоматическом и непрерывном режиме измерять содержание (концентрацию) определенной номенклатуры загрязняющих веществ (согласно профильным отраслевым справочникам по НДТ Республики Казахстан), а также измерять значения параметров газового потока (температуру, давление, объемный расход/скорость, содержание кислорода и паров воды) для преобразования первичной измерительной информации с целью приведения ее к нормальным условиям

.



1 – система управления производством предприятия (автоматизированная система и менеджмент); 2 – технологические процессы предприятия; 3 – организованный стационарный источник выбросов предприятия; 4 – автоматическая измерительная система показателей выбросов; 5 – блок пробоотбора и анализаторов; 6 – блок контроллеров измерительного предприятия; 7 – система сбора и обработки данных показателей выбросов; 8 – государственный реестр объектов с АСМ; 9 – технические и программные средства реестра; 10 – потребители экологической информации (органы власти, предприятия, научные организации)

Рисунок 5.2. Принципиальная схема автоматической системы мониторинга выбросов в атмосферу.

Данный набор средств измерения в сочетании со средствами отбора, транспортировки и, при необходимости, преобразования компонентов пробы (при использовании методов, предусматривающих предварительный отбор проб) образует автоматическую систему мониторинга, принципиальная схема которой представлена на рисунке 5.2. Кроме АСМ необходимой частью системы автоматического контроля выбросов являются также технические средства по сбору, преобразованию, фиксации, визуализации, хранению информации и ее передаче конечному пользователю, которые могут составлять отдельный элемент автоматической системы контроля выбросов СПОД. В отдельных технических решениях реализации системы автоматического контроля функции СПОД может выполнять программно-вычислительный комплекс, образующий автоматизированное рабочее место оператора АСМ.

Аналитическая часть АСМ состоит из отдельных измерительных каналов, включающих специализированные средства измерения для определения содержания (концентрации) загрязняющих веществ, паров воды и кислорода в выбросах и для измерения ряда других параметров газового потока отходящих газов в режиме прямых и непрерывных измерений. При необходимости включают измерительные каналы, обеспечивающие технические средства отбора, транспортировки проб и, при необходимости, преобразования компонентов проб в форму, пригодную для проведения анализа выбранным методом измерений.

Прогресс в области цифровой электроники значительно усовершенствовал контрольно-измерительные приборы и способствовал созданию более компактных, экономически эффективных и требующих меньшего обслуживания инструментов, обеспечивающих непрерывный мониторинг все большего количества физических параметров и химических веществ, увеличился диапазон обнаружения, точность и надежность оборудования.

АСМ как технология не является типовой для всех отраслей и даже внутри одной отрасли существует необходимость предметно подходить для каждого объекта в зависимости от используемого топлива, технологической схемы предприятия, используемого оборудования (например, типов котлов), высоты и диаметра трубы, и ряда других параметров. Заводы-изготовители оборудования зачастую производят оборудование под заказ, исходя из тех или иных параметров заказчика. Неправильный подбор технического решения АСМ, как правило, приводит к быстрому выводу измеряющего оборудования из эксплуатации на этапе использования, в некоторых случаях и на этапе пусконаладки [2].

Функциональная схема автоматической системы контроля выбросов представлена на рисунке 5.3.



Рисунок 5.3. Функциональная схема автоматической системы контроля выбросов.

Таблица 5.1. Сравнительная таблица основных характеристик непрерывных и периодических измерений

№ п/п	Характеристики	Непрерывное измерение	Периодическое измерение
1	2	3	4
1	Период выборки	Измерение охватывает все или большую часть времени, в течение которого происходит выброс веществ.	Отчеты долгосрочной картины эмиссий в атмосферу
			Результаты в реальном времени при

2	Скорость	Почти всегда результаты в реальном времени	использовании инструментальных анализаторов; отсроченные результаты, если используется ручной метод с лабораторным конечным методом
3	Усреднение результатов	Результаты непрерывно собираются и усредняются за определенный период 20 минут, 1 час или 24 часа	Результаты за период отбора проб, обычно от 20 минут до нескольких часов
4	Поверка и прослеживаемость	АСМ требует поверки по стандартному эталонному методу и настройки с использованием сертифицированных эталонных материалов в интервале обслуживания	Стандартные эталонные методы могут использоваться для периодических измерений (ручные или автоматизированные методы)
6	Утверждение типа/ метрологическая аттестация средств измерений (оборудования)	Проведение утверждения типа/метрологической аттестации применяемых средств измерений; проведение аттестации оборудования	Проведение утверждения типа/метрологической аттестации применяемых средств измерений; проведение аттестации портативного оборудования

В соответствии с экологическим законодательством Республики Казахстан каждое промышленное предприятие обязано контролировать и минимизировать воздействие своей деятельности на окружающую среду. Одним из ключевых аспектов этого контроля является непрерывный мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для предприятий, подпадающих под критерии, установленные в экологическом законодательстве Республики Казахстан. Для эффективного мониторинга и обеспечения соблюдения установленных нормативов требуется точное определение и контроль наиболее значимых, так называемых маркерных веществ, характерных для каждого вида производственной деятельности.

Общие требования к АСМ, которые применимы к промышленным предприятиям в Республике Казахстан:

АСМ должна обеспечивать получение точной и достоверной аналитической информации о содержании загрязняющих веществ в выбросах в результате прямых непрерывных измерений в режиме 24/7 в течение продолжительного времени;

АСМ должна быть оборудована системой бесперебойного питания, обеспечивающей работу аналитического оборудования в установленном режиме в аварийных случаях отключения электроэнергии;

АСМ должна быть устойчива к колебаниям параметров внешней среды и адаптирована к работе в газовых средах, характеризующихся экстремальными параметрами (температура, влажность, наличие химически активных компонентов);

конструкция АСМ должна предусматривать возможность проведения периодичных работ по контролю точности и поверке аналитического оборудования;

АСМ должна иметь средства самодиагностики с выводом критически важной информации на дисплей рабочего места оператора и обладать возможностью валидации результатов измерений с их автоматической корректировкой при помощи периодической калибровки аналитического оборудования в межповерочный период;

блоки/модули АСМ, осуществляющие расчет и хранение информации параметров выбросов, должны иметь защиту, предотвращающую несанкционированный доступ;

АСМ должна обеспечивать возможность сохранения аналитической и расчетной информации о параметрах выбросов на защищенном от доступа АПИ системы и ее дальнейшую передачу на удаленный сервер по защищенным линиям связи;

АСМ должна обладать достаточной ремонтопригодностью.

5.1.1. Типы автоматизированных систем мониторинга

АСМ состоит из следующих элементов:

комплекса измерительных каналов (ИК), включающего измерительный газоаналитический канал, измерительный канал взвешенных (твердых) частиц, измерительные каналы параметров газового потока;

вспомогательного оборудования.

ИК АСМ включает датчик или анализатор, контролер (при наличии) и пробоотборную систему (при наличии).

Вспомогательное оборудование обеспечивает функционирование всей системы автоматического контроля выбросов. Структурные элементы АСМ выполняют следующие функции: измерительные каналы осуществляют автоматические непрерывные измерения содержания газообразных загрязняющих веществ, и взвешенных (твердых) частиц, содержания паров воды (при необходимости), кислорода (при необходимости) и параметров газового потока – температуры, давления /разрежения, скорости/объемного расхода. Контроллеры принимают измерительную информацию (в том числе, диагностическую информацию о состоянии измерительных каналов и возникающих в ходе работы ошибках), осуществляют ее первичную обработку и преобразование для передачи в систему приема и обработки данных.

Вспомогательное оборудование обеспечивает функционирование системы автоматического контроля выбросов и состоит из блока бесперебойного питания, средств коммуникаций, климатического оборудования, системы подачи поверочных и контрольных газовых смесей и прочее.

Все существующие газоаналитические ИК разделяются на две большие группы:

ИК экстрактивного типа – с непрерывным отбором проб и их последующей подачей к газоанализатору;

ИК АСМ неэкстрактивного типа – без отбора проб с анализом газа непосредственно в газоходе с применением, как правило, оптических методов.

В случае экстрактивного АСМ проба газа отбирается из основного газового потока системой отбора проб и отправляется в измерительное устройство, которое физически отделено от точки отбора проб. Для этого требуется подходящее оборудование для отбора проб, но при необходимости проводится специальная обработка отбираемого газового потока. В целях обеспечения короткого времени отклика и избежать возможных потерь пробы, путь отбора пробы определяется минимальным. Газовые пробоотборные линии и компоненты измерительного устройства изготовлены из подходящего материала; с одной стороны, чтобы предотвратить коррозию, а с другой стороны, чтобы избежать реакций между данными материалами и измеряемым компонентом. Зонды, фильтры и трубки охладителя измеряемого газа (если он используется для отделения конденсата) нагреваются до температуры выше точки росы
.

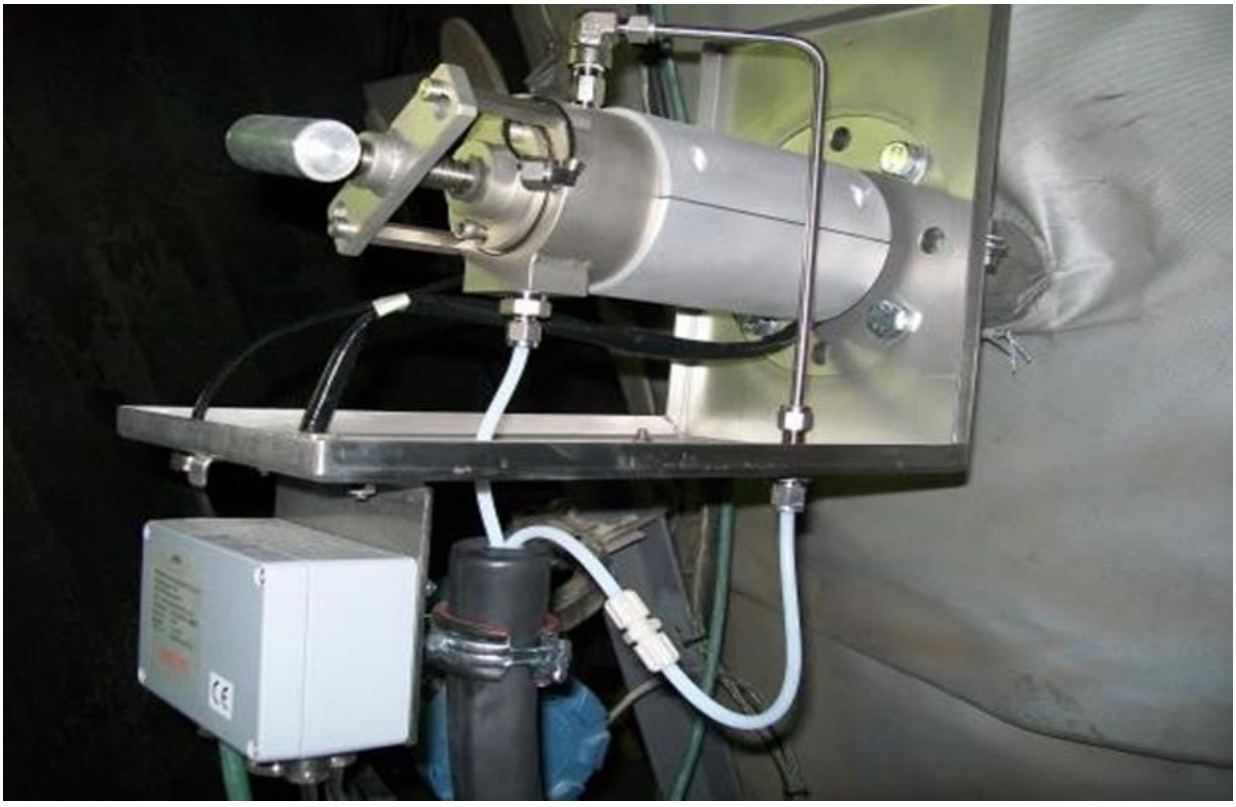


Рисунок 5.4. Пример устройства для экстрактивного отбора проб.

В случае неэкстрактивной АСМ измерительное устройство устанавливается поперек дымовой трубы в потоке газа или в части (измерение на месте). Следовательно

, отбор проб методом извлечения не требуется. Неэкстрактивная АСМ подвержена влиянию других компонентов отходящего газа, чем извлекаемая АСМ, так как обычно предварительная обработка проб практически отсутствует. Например, высокая влажность в потоке отходящего газа может потребовать использования извлекаемой АСМ. Измерения проводятся во влажных условиях и при рабочей температуре в штабеле, это необходимо учитывать при обработке данных.

С точки зрения технических характеристик и применимости нельзя выделить, какой из типов АСМ является лучшим: обе системы обладают преимуществами и недостатками и решение об их использовании должно исходить в первую очередь из особенностей технологического процесса предприятия и состава отходящих газов, и из способности предприятия или поставщика АСМ проводить обслуживание, калибровку и поверку, при условии, что не было допущено ошибок при проектировании системы и монтаже [28], [29].

Ниже на рисунке 5.5 представлены все известные типы газоаналитических измерительных каналов АСМ.

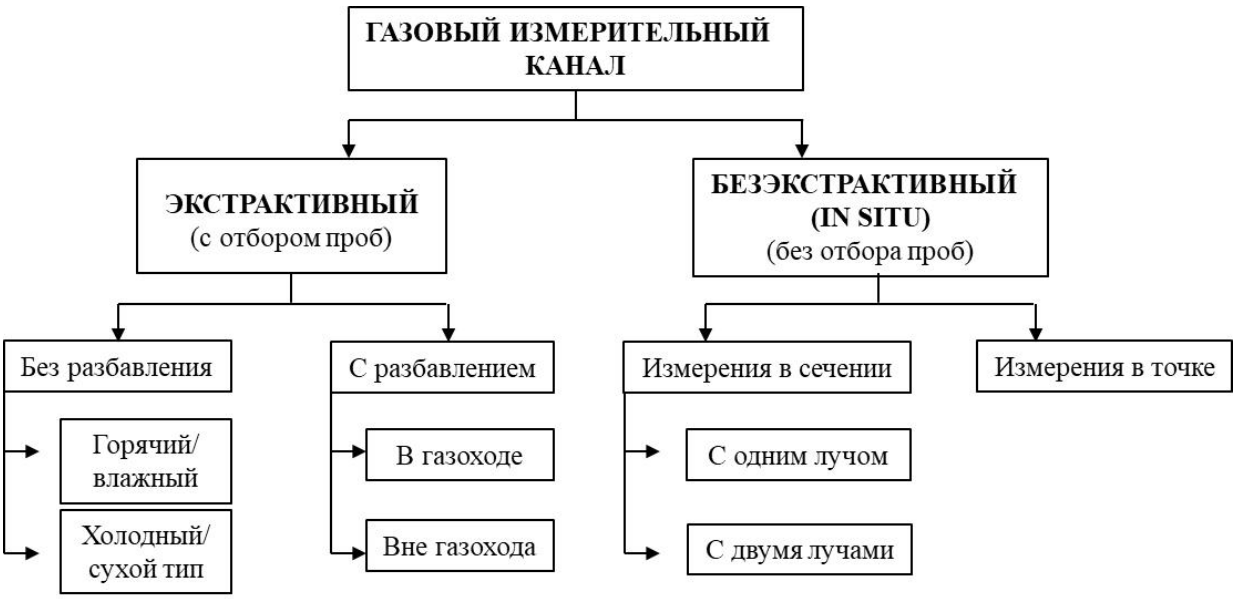


Рисунок 5.5. Классификация газоаналитических измерительных каналов.

В таблице 5.2. представлены ключевые отличия между АСМ экстрактивного и неэкстрактивного типов [29].

Таблица 5.2. Основные различия между АСМ экстрактивного и неэкстрактивного типа

№ п/п	АСМ экстрактивного типа	АСМ неэкстрактивного типа
1	2	3

1	Может отбирать пробы в точке средней концентрации	Может отбирать пробы в точке средней концентрации
2	Легко проверять с помощью газов в баллонах	Некоторые типы зондов могут быть продуты с использованием баллонного газа.
3	Пробы могут быть изменены в рамках пробоподготовки	Пробы не изменяются вследствие отсутствия пробоподготовки
4	Время отклика зависит от системы отбора проб	Время отклика зависит от анализатора, а не от системы отбора проб
5	Не требует поправки на температуру	Требует поправки на температуру и давление
6	Анализаторы расположены в отдельных шкафах с контролируемой средой	Анализаторы могут подвергаться воздействию дождя, льда, снега, ударов молний. Гибкость и вибрация дымохода/воздуховода могут влиять на выравнивание и уровни шума
7	Установка может потребовать серьезного планирования на этапе проектирования, если ранее АСМ не была предусмотрена	Установка может быть относительно простой на фланцах воздуховода или дымохода
8	Большее количество обслуживаемых компонентов системы	Меньшее количество обслуживаемых компонентов системы
9	Компоненты системы могут быть относительно легко отремонтированы (насосы, клапаны)	Компоненты системы могут быть относительно сложными или дорогими в ремонте или замене (лазеры, оптика, электроника)
10	Проблемы с системой обычно легко устраняются на месте	Проблемы электрооптических анализаторов могут быть сложными для устранения на месте
11	Для обслуживания может не потребоваться специальное обучение	Для обслуживания может потребоваться более высокий уровень подготовки, вызов сервисной службы или возврат на завод-изготовитель
12	Пригодность к использованию чаще зависит от состояния системы пробоотбора, нежели от проблем с аналитическими приборами	Пригодность к использованию всей системы может зависеть от возможности проведения обслуживания или наличия запасного анализатора
13	Стоимость приобретения в среднем выше в 2 раза, чем у систем неэкстрактивного типа	Стоимость приобретения может быть сопоставима с системой экстрактивного типа (в случае приобретения запасных компонентов)

5.1.1.1. АСМ экстрактивного типа (с пробоотбором)

Газоаналитические измерительные каналы с системами физического пробоотбора, экстрактивного типа различаются по способам и степени трансформации пробы в системах пробоподготовки перед ее подачей на вход газоанализатора.

В начале развития этой технологии АСМ была критически требовательна к физическим параметрам пробы: температура, состав, диапазон измеряемых веществ и влажность. Компоненты АСМ, в конструкции которых были предусмотрены устройства, приводящие состав и физические параметры пробы к значениям, необходимым для проведения анализа. Необходимо учитывать, что в процессе транспортировки пробы к анализаторам возможны искажения и потери компонентов пробы, поэтому были разработаны различные технические решения для более точной представительности проб.

Конструктивно АСМ экстрактивного типа состоит из следующих основных элементов:

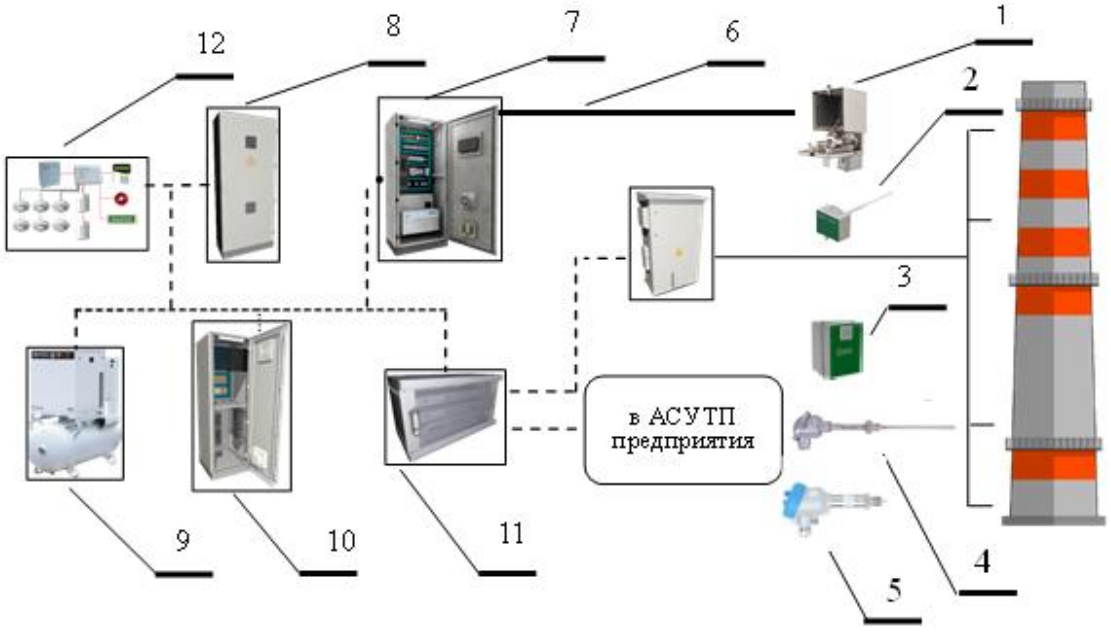
система пробоотбора;

система транспортировки и подготовки проб;

анализаторы (чаще в отдельном шкафном исполнении);

система обработки и передачи данных.

На рисунке ниже представлена схема газоаналитического измерительного канала АСМ экстрактивного типа.



1 – пробоотборный зонд, 2 – измеритель скорости, 3 – измеритель пыли, 5 – датчик температуры, 6 – датчик абсолютного давления, 6 – пробоотборная линия, 7 – газоанализатор, 8 – шкаф собственных нужд, 9 – система подготовки сжатого воздуха, 10 – система передачи и обработки данных, 11 – коммуникационное устройство, 12 – охранно-пожарная сигнализация

Рисунок 5.6. АСМ экстрактивного типа.

При данном типе измерительных каналов АСМ, газонализатор, шкаф собственных нужд, систему подготовки сжатого воздуха, систему передачи и обработки данных помещают в отдельный блок-контейнер, как показано на рисунке 5.7.



Рисунок 5.7. Пример исполнения блока-контейнера.

Проектирование АСМ экстрактивного типа представляет из себя сложную задачу, поскольку необходимо учесть следующие компоненты [29]:

система пробоотбора и пробоподготовки: конструкция и состав;

обратный продув зонда: конструкция и частота;

транспортировочная линия: состав, длина и диаметр;

система поверочных газовых смесей и регуляторы давления газа в баллонах: конструкция и состав;

клапаны и фитинги: конструкция и состав;

манометры давления и вакуума: качество;

система кондиционирования влаги: холодильная, разбавляющая, емкость, конструкция и исполнение;

система подготовки сжатого воздуха: конструкция и состав;

фильтры: грубой очистки (для удаления твердых частиц размером более 10 мкм), тонкой очистки (для удаления твердых частиц размером более 5 мкм);

насосы: мощность, тип и качество;

шкафы СЭМ: расположение, требования к системе ОВКВ шкафов, соображения безопасности закрытого пространства, стабильность температуры;

контроллер системы: программируемые логические контроллеры, регистратор данных или микропроцессор для упорядочения и контроля автоматических функций.

Требования к электрическому оборудованию: предохранители, автоматические выключатели, регулирующее оборудование и источники бесперебойного питания (ИБП).

Поверочные газовые смеси: расположение, точка введения, требования к трубопроводам, регуляторы и коллектор, сертифицированные газы по необходимости, шкаф для газовых баллонов или защита от погодных условий, обогреватель/ кондиционер шкафа по мере необходимости.

Отдельно необходимо обеспечить требования к линии транспортировки пробы, а именно:

материал линий должен быть коррозионностойким;

должна быть исключена конденсация пробы;

должна быть обеспечена герметичность по всей длине;

количество соединительной арматуры должно быть минимальным;

должно быть исключено влияние факторов внешней среды на пробу;

внешняя изоляция линии должна быть стойкой к ультрафиолетовому излучению;

внешняя изоляция линии должна быть рассчитана на эксплуатацию при максимальных отрицательных и положительных температурах в зависимости от региона установки;

механическая защита линии от внешнего воздействия (вибрации и прочее);

внутренний диаметр линии должен быть не менее 4 мм (предпочтительно применение трубок с внутренним диаметром 4 – 8 мм);

длина линии должна быть максимально возможной для обеспечения более быстрого отклика анализатора.

5.1.1.1.1. Газоаналитические измерительные каналы АСМ с разбавлением пробы

Техническое описание

Газоаналитические измерительные АСМ, в которых в процессе пробоподготовки осуществляется разбавление пробы исходного отходящего газа определенным объемом чистого нейтрального газа, чаще всего очищенным воздухом (см. рисунок 5.8).

Основная проблема, связанная с АСМ экстрактивного типа, заключается в необходимости фильтрации и кондиционирования относительно больших объемов дымового газа. Эту проблему можно в значительной степени избежать, используя разбавляющие системы, в которых газ забирается в зонд при низких скоростях потока, иногда на два порядка меньше, чем в системах уровня источника (например, 0,05 против 5 л/мин.). Это означает, что частиц для фильтрации будет меньше и меньше влаги необходимо будет удалить. Учитывая что поток относительно низкий, частицы с

большей вероятностью будут следовать по линиям потока дымового газа вокруг зонда, не попадая в пробоотборный зонд.

Воздух, используемый для разбавления, очищается от иных газов, которые измеряются, иначе возникают значительные ошибки. Например, 1 ppm NO в воздухе для разбавления приведет к показанию 100 ppm в системе разбавления с коэффициентом разбавления 100:1. Активированный уголь, адсорбенты, бесконденсационные сушилки и другие методы очистки газов обычно используются для обеспечения чистого, сухого воздуха для системы разбавления.

Типичные коэффициенты разбавления составляют от 50:1 до 300:1 [29]. Более высокие коэффициенты используются для горячих, насыщенных газовых потоков. При подключении разбавляющей системы к анализатору необходимо обратить внимание на диапазон измерений анализатора. Если наименьший диапазон прибора должен составлять от 0 до 5 ppm и требуется измерить загрязняющее вещество в дымовом газе с номинальной концентрацией 50 ppm, то коэффициент разбавления 100:1 предоставит анализатору образец с концентрацией 0,5 ppm. На точность измерений влияют шум и дрейф прибора высоки в этой части шкалы, системе что допускает сложности в тестировании на относительную точность.

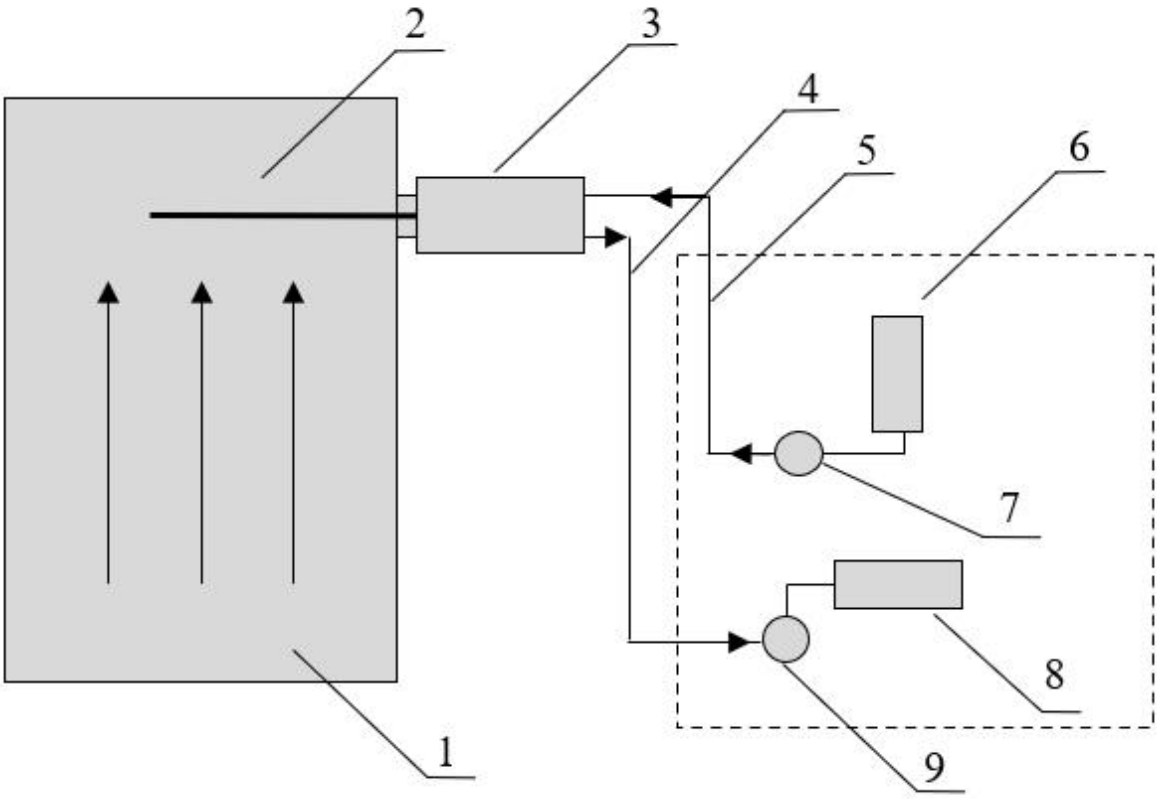
Давление воздуха для разбавления должно оставаться постоянным. Интеграторы систем установили контроллеры массового потока для поддержания этого давления на постоянном уровне.

Существуют два технических решения конструкции газоаналитического ИК АСМ с разбавлением пробы:

с подачей газа-разбавителя вне газохода (рисунок 5.8.);

с подачей газа-разбавителя непосредственно в пробоотборный зонд.

Пробоотборники данного типа сталкивались с трудностями при установке после мокрых скрубберов, потому что отходящие дымовые газы насыщаются каплями воды. Если капли воды попадают в зонд или вода конденсируется в зонде из насыщенного газового потока, фильтр из стекловаты может намокнуть и отверстие пробоотборного зонда может засориться. В нормальных условиях, когда зонд нагревается, капли воды должны испаряться и проблем с засорением не должно возникать. Для предотвращения проблем, связанных с каплями воды, требуется адекватный контроль температуры. Учитывая данный факт, появились технические решения с разбавлением пробы за пределами газохода.



1 – газоход; 2 – зонд для отбора пробы; 3 – устройство для разбавления пробы; 4 – линия подачи разбавленной пробы; 5 – линия подачи газа-разбавителя; 6 – устройство для очистки газа-разбавителя; 7 – побудители расхода (насос); 8 – газоанализатор

Рисунок 5.8. Схема экстрактивного газоаналитического ИК АСМ с разбавлением пробы.

К преимуществам систем АСМ данного типа относятся малая чувствительность к колебаниям состава газовой среды в газоходах и сниженный риск повреждения линий пробоотбора и анализатора при отборе и анализе химически активных веществ.

К недостаткам систем АСМ данного типа относятся:

необходимость нагревания линии транспортировки до устройства разбавления;

чувствительность к изменениям параметров газовой среды, особенно к содержанию взвешенных частиц, требующих средств их удаления для избежания изменений объемного расхода пробы из-за снижения проницаемости транспортной линии;

необходимость дополнительных каналов для измерения содержания паров воды и кислорода;

необходимость контроля колебаний объемного расхода газового потока, поскольку колебания расхода приводят к неконтролируемому изменению степени разбавления пробы и, следовательно – к искажению результатов анализа проб.

Достигнутые экологические выгоды

В США и Германии внедрение АСМ данного типа привело к значительному снижению выбросов в рамках борьбы с кислотными дождями, повысило экологическую ответственность предприятий и позволило количественно оценить вклад промышленных предприятий в загрязнение атмосферного воздуха [29].

Общее потребление первичной энергии

Потребление электроэнергии всей АСМ экстрактивного типа с разбавлением проб варьируется от 10 до 30 кВт в зависимости от конструкции. Значительная часть электроэнергии используется на продув и разбавление чистым воздухом.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Применение газоаналитического ИК АСМ данного типа эффективно контролирует промышленные выбросы в различных отраслях. Рекомендуется проводить плановое обслуживание и калибровку АСМ данного типа не реже 4 раз в год.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Такие системы широко распространились, в частности, в США при реализации программы защиты атмосферного воздуха от промышленных выбросов в рамках Федерального закона "О чистом воздухе" для решения проблем предотвращения кислотных дождей и разрушения озонового слоя. В 2000-х годах доля газоаналитических ИК АСМ с разбавлением пробы в США составляла около 2/3 от общего количества установленных АСМ.

Различные отрасли промышленности используют газоаналитические ИК АСМ экстрактивного типа с разбавлением пробы для контроля и оптимизации выбросов вредных веществ. Эти системы применяются в энергетике (угольные и газовые электростанции), производстве цемента, нефтегазовой отрасли (нефтеперерабатывающие заводы и нефтехимические предприятия), мусоросжигании, целлюлозно-бумажной промышленности, металлургии (сталелитейные и цветные металлы), химическом производстве, стекольной, горнодобывающей и перерабатывающей, пищевой и фармацевтической промышленности, и в сельском хозяйстве (биогазовые установки).

Экономические показатели

Стоимость одного газоаналитического ИК данного типа составляет около 75,5 млн. теңге (≈150 000 долларов США). Стоимость необходимого дополнительного оборудования (шкафы, компрессоры и другое) составляет около 50,4 млн. теңге (≈100 тысяч долларов США).

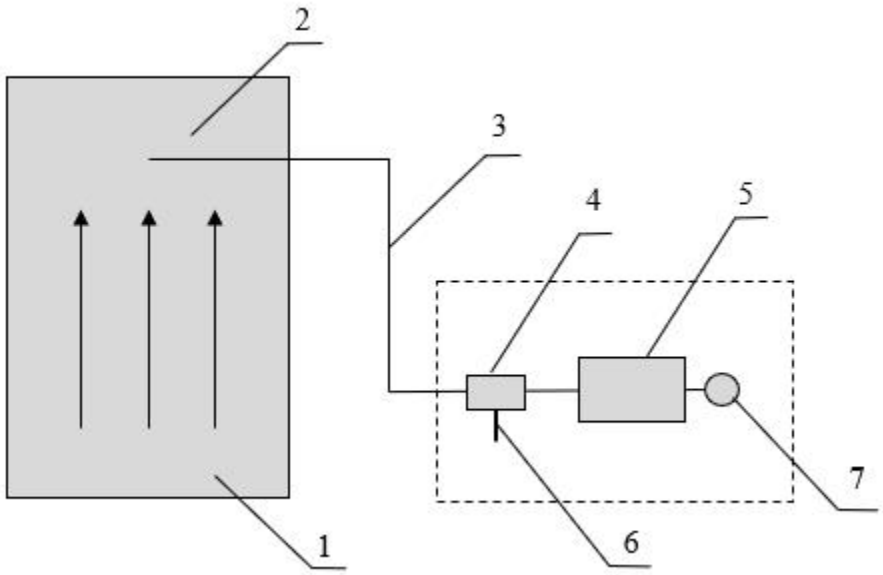
Эффект от внедрения

Применение газоаналитического ИК АСМ данного типа позволяет эффективно контролировать выбросы всех маркерных веществ, обозначенных в справочниках НДТ Республики Казахстан.

5.1.1.1.2. Газоаналитические измерительные каналы АСМ с удалением влаги из пробы (типа "холодный/сухой")

Техническое описание

В газоаналитических измерительных каналах АСМ типа "холодный/сухой" проба газа отбирается с помощью зонда и по обогреваемой линии подается в устройство для удаления влаги. Обычно этим устройством является встроенный холодильник компрессионного типа или холодильник, основанный на принципе Пельтье (термоэлектрический эффект, при котором происходит выделение тепла на стыке двух различных проводников при прохождении через них электрического тока). После удаления влаги проба приводится к температуре примерно до 3˚С и подается на вход анализатора для определения содержания загрязняющих веществ. Ниже на рисунке 5.9. представлена схема газоаналитических ИК АСМ данного типа.



1 – газоход; 2 – зонд для отбора пробы; 3 – обогреваемая линия для транспортировки пробы; 4 – устройство для удаления влаги (холодильник); 5 – газоанализатор; 6 – линия для удаления конденсата; 7 – побудитель расхода (насос).

Рисунок 5.9. Схема экстрактивного газоаналитического ИК АСМ с удалением влаги из пробы (типа "холодный/сухой").

Газоаналитические ИК АСМ типа "холодный/сухой" обеспечивают большую гибкость в выборе анализаторов и часто используются, когда расчеты выбросов выполняются на сухой основе или когда необходим мониторинг различных газов. Хотя этот тип системы не так сложен, как некоторые другие, он достаточно гибкий, чтобы адаптироваться к инженерным изменениям при возникновении проблем с применением

.

Преимуществами газоаналитических ИК АСМ типа "холодный/сухой" является следующее:

простой модульный дизайн – замена и ремонт осуществляется силами персонала - оператора;

изменения температуры отходящих газов никак не влияют на результаты измерений , поскольку они производятся в одних и тех же условиях.

Недостатки аналитических систем данного типа следующие:

1. Система пробоподготовки в данных газоаналитических ИК может привносить влияние на состав анализируемого газа. Такие вещества, как HCl, HF, NH3, NO2, SO2 легкорастворимы и выводятся из пробы частично или полностью, поскольку растворяются в воде или отводятся из пробы с конденсатом, искажая значение проб, что нарушает принцип представительности и неизменности состава пробы.

2. Возможность образования сильных кислот в результате растворения в конденсате химически активных компонентов (HCl, HF, NH3, NO2, SO2 и другие) может привести к полному выходу установленной системы из строя вследствие разъедания кислотным конденсатом проводов, оптических элементов и других компонентов.

3. Неправильный подбор устройств транспортировки и подготовки пробы может привести к снижению точности измерений и поломке газоаналитического оборудования.

4. Необходимость замерять содержание паров воды в отходящих газах отдельным анализатором для корректного расчета валовых выбросов загрязняющих веществ.

5. Измерение относительной влажности в газах с высокой коррозионностью имеет высокую погрешность.

Достигнутые экологические выгоды

Внедрение АСМ данного типа привело к значительному снижению выбросов, повысило экологическую ответственность предприятий и позволило количественно оценить вклад промышленных предприятий в загрязнение атмосферного воздуха.

Общее потребление первичной энергии

Потребление электроэнергии всей АСМ экстрактивного типа с разбавлением проб варьируется от 10 до 30 кВт в зависимости от конструкции. Значительная часть электроэнергии используется на подготовку пробы и удаление влаги.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Применение газоаналитического измерительного канала АСМ данного типа позволяет эффективно контролировать промышленные выбросы в различных отраслях. Рекомендуется проводить плановое обслуживание и калибровку АСМ данного типа не реже 4 раз в год.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Наибольшее применение газоаналитические ИК АСМ типа "холодный/сухой" получили в системах аспирации, где необходимо контролировать CO, CH4 и взвешенные вещества, и в газовых котлах.

Данный тип ИК АСМ способен замерять растворимые вещества (O2, CO, CO2, CH4 , NO), и в небольших количествах нерастворимые (NO2, NOx, SO2).

Экономические показатели

Стоимость одного газоаналитического ИК данного типа составляет около около 35,3 млн. теңге (≈70 000 долларов США). Стоимость необходимого дополнительного оборудования составляет около 50,4 млн. теңге (≈100 тысяч долларов США).

Наиболее бюджетные решения при закупе и эксплуатации.

Эффект от внедрения

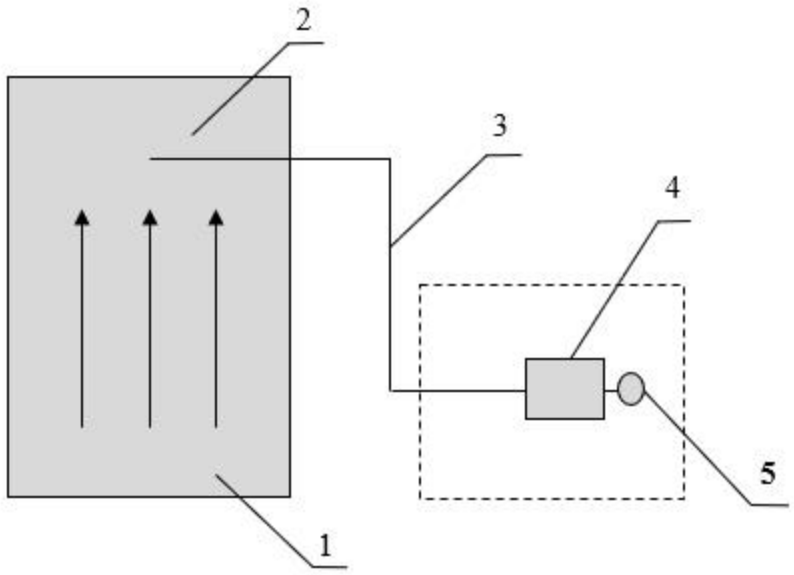
Применение газоаналитического ИК АСМ данного типа позволяет эффективно контролировать выбросы многих маркерных веществ, обозначенных в справочниках НДТ Республики Казахстан.

5.1.1.1.3. Газоаналитические ИК АСМ с удалением влаги из пробы (типа "горячий/ влажный")

Техническое описание

В газоаналитических ИК АСМ типа "горячий/влажный" проба отходящего газа подается в горячем виде посредством обогреваемой транспортной линии на вход газоанализатора, который имеет обогреваемую измерительную ячейку.

В системах данного типа используется метод инфракрасной спектрометрии с Фурье-преобразованием, который позволяет определять содержание нескольких загрязняющих веществ в многокомпонентной газовой среде.



1 – газоход; 2 – зонд для отбора пробы; 3 – обогреваемая линия для транспортировки пробы; 4 – газоанализатор; 5 – побудитель расхода (насос).

Рисунок 5.10. Схема экстрактивного газоаналитического ИК АСМ без разбавления пробы – "горячий/влажный" анализ.

Как видно на рисунке 5.10., у газоаналитических ИК АСМ типа "горячий/влажный" меньшее количество элементов измерительной системы по сравнению с газоаналитическими ИК АСМ типа "холодный/сухой".

Для систем данного типа характерно минимальное преобразование пробы – только взвешенные вещества удаляются на входе в аналитическую ячейку фильтром грубой очистки.

Температура в нагревательной линии должна всегда быть выше точки росы на протяжении всей линии для избежания выпадения конденсата, который может привести к засорению линии и выходу из строя всей системы. Температура обеспечивается одинаковой на протяжении всей нагревательной линии (обычно выше 180 °С), поскольку разница температур на различных участках может привести к искажению проб [29].

Следует учитывать, что если нагревательные компоненты газоаналитического измерительного канала АСМ данного типа выйдут из строя, то это можем привести к выходу из строя всей системы вследствие коррозии, засорения или повреждения. Соответственно, система газоаналитического ИК АСМ должна быть сконструирована таким образом, чтобы в случае охлаждения системы из-за таких событий, как отключение электроэнергии или выход из строя нагревателя, техника автоматически отключалась и продувалась чистым, сухим воздухом или азотом.

Достигнутые экологические выгоды

Внедрение АСМ привело к значительному снижению выбросов, повысило экологическую ответственность предприятий и позволило количественно оценить вклад промышленных предприятий в загрязнение атмосферного воздуха.

Общее потребление первичной энергии

Потребление электроэнергии всей АСМ экстрактивного типа с разбавлением проб варьируется от 10 до 30 кВт в зависимости от конструкции. Значительная часть электроэнергии используется на подготовку пробы и нагревание транспортировочной линии.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Применение газоаналитического ИК АСМ позволяет эффективно контролировать промышленные выбросы в различных отраслях. Рекомендуется проводить плановое обслуживание и калибровку АСМ данного типа не реже 2 раз в год.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Наибольшее применение газоаналитические ИК АСМ типа "горячий/влажный" получили на угольных ТЭЦ и ГРЭС, предприятиях нефтехимии, металлургии, производства цемента, установках по сжиганию отходов.

Газоаналитические ИК АСМ данного типа способны измерять растворимые (HCl, HF, NH3, H2O, NO2, N2O, SO2) и нерастворимые (O2, CO, CO2, CH4, NO, CxHy) вещества.

Преимуществами газоаналитического ИК АСМ типа "горячий/влажный" являются:

большое количество одновременно измеряемых загрязняющих веществ;

измерение влажности отходящих газов в том же приборе;

отсутствие влияния пробоподготовки на показания систем;

отсутствие риска удаления из пробы вместе с влагой химически активных компонентов и образования конденсированных сред, что положительно сказывается на продолжительности пригодности для работы газоаналитического оборудования;

возможность измерения высоких концентраций коррозионных газов.

Недостатками газоаналитического ИК АСМ типа "горячий/влажный" являются:

необходимость стабильного источника подготовленного сжатого воздуха, что потребует установки дополнительного компрессора или ресивера;

необходимость обеспечения контроля высокой температуры для всех компонентов ИК.

Экономические показатели

Стоимость одного газоаналитического ИК данного типа варьируется около 75,5 млн . теңге (≈150 000 долларов США). Стоимость необходимого дополнительного оборудования составляет около 50,4 млн. теңге (≈100 тысяч долларов США).

Эффект от внедрения

Применение газоаналитического ИК АСМ данного типа позволяет эффективно контролировать выбросы всех маркерных веществ, обозначенных в справочниках НДТ Республики Казахстан.

5.1.1.2. АСМ неэкстрактивного типа (без пробоотбора)

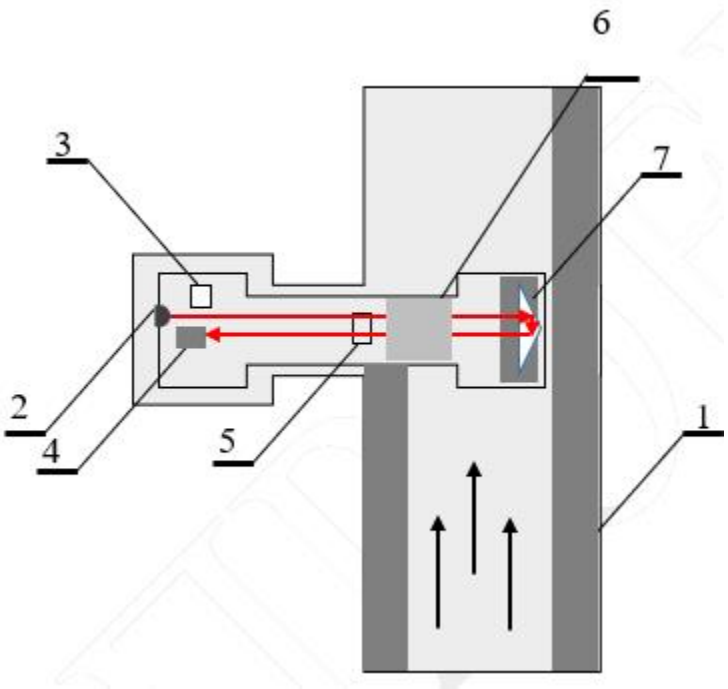
Техническое описание

Некоторые ограничения, связанные с газоаналитическими измерительными каналами АСМ экстрактивного типа, привели к разработке АСМ неэкстрактивного типа, которые проводят измерения химических и физических параметров отходящих газов непосредственно в газоходе.

Мониторинг выбросов без необходимости предварительной подготовки отходящих газов привел к первоначальной разработке систем неэкстрактивного типа. В подходящих условиях подобные системы могут измерять концентрации O2, NO и SO2.

На рисунке 5.11. ниже представлена общая схема установки и функционирования газоаналитического ИК АСМ без пробоотбора – на локальном участке ("в точке") с однолучевым исполнением.

Конструкция газоаналитического ИК предполагает наличие специального зонда, в котором обеспечивается контакт излучения с анализируемой газовой средой на относительно небольшом участке газохода. В данном случае прослеживается аналогия с физическим пробоотбором анализируемой среды, которая реализована в системах с пробоотбором. К достоинствам такого рода газоаналитического ИК АСМ относятся компактность конструкции, поскольку источник излучения и его приемник находятся в одном блоке, и возможность точного позиционирования местоположения точки проведения измерений.



1 – газоход; 2 – источник ИК-излучения; 3 – поворотный фильтр для ИК-излучения; 4 – приемник ИК-излучения; 5 – линза; 6 – пористый наполнитель; 7 – отражатель.

Рисунок 5.11. АСМ неэкстрактивного типа с измерением в точке.

Ко второму типу неэкстрактивных газоаналитических ИК АСМ относятся системы, с помощью которых проводят измерения в сечении газохода (рисунки 5.12. и 5.13.).

Системы, обеспечивающие двукратный контакт излучения с анализируемой газовой средой, обладают более высокой точностью по сравнению с однолучевыми системами, однако они имеют более высокую стоимость и меньшую надежность вследствие наличия дополнительных чувствительных элементов оптической схемы, подвергающихся существенным механическим воздействиям в процессе эксплуатации.

В целом, АСМ с неэкстрактивными газоаналитическими ИК по сравнению с экстрактивными системами, включают системы физического отбора и транспортировки

проб, обладают наилучшими метрологическими характеристиками, поскольку у них отсутствуют дополнительные погрешности измерений, связанные с функционированием систем пробоотбора и пробоподготовки [28].

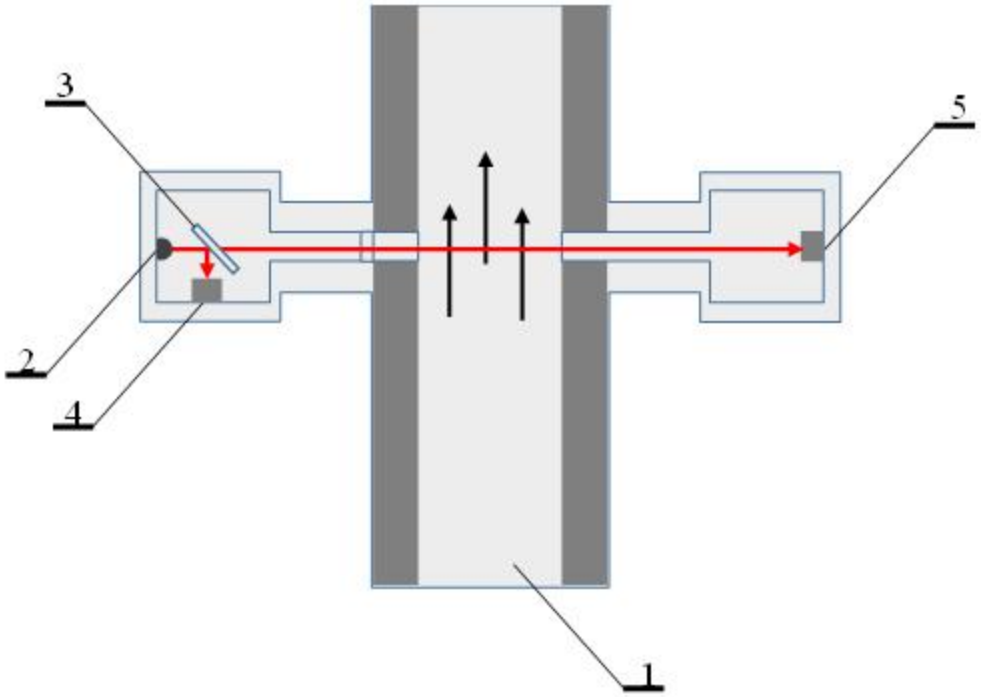
Недостатком АСМ с неэкстрактивным газоаналитическим ИК является ограниченный набор одновременно определяемых загрязняющих веществ, который, как правило, представлен двумя-тремя веществами.

К преимуществам газоаналитического ИК АСМ неэкстрактивного типа относятся следующее критерии:

отсутствие дополнительных погрешностей, связанных с транспортировкой и подготовкой пробы;

минимальное время отклика, что также важно для контроля технологического процесса;

отсутствие пробоподготовки – меньше элементов необходимо обслуживать.



1 – газоход; 2 – источник излучения; 3 – делитель луча; 4 – детектор сравнения; 5 – детектор

Рисунок 5.12. Вариант исполнения однолучевого неэкстрактивного газоаналитического ИК АСМ.

К недостаткам газоаналитического ИК АСМ неэкстрактивного типа относятся следующее:

1. Возможно измерение только нескольких компонентов в одном приборе – требуется несколько датчиков.

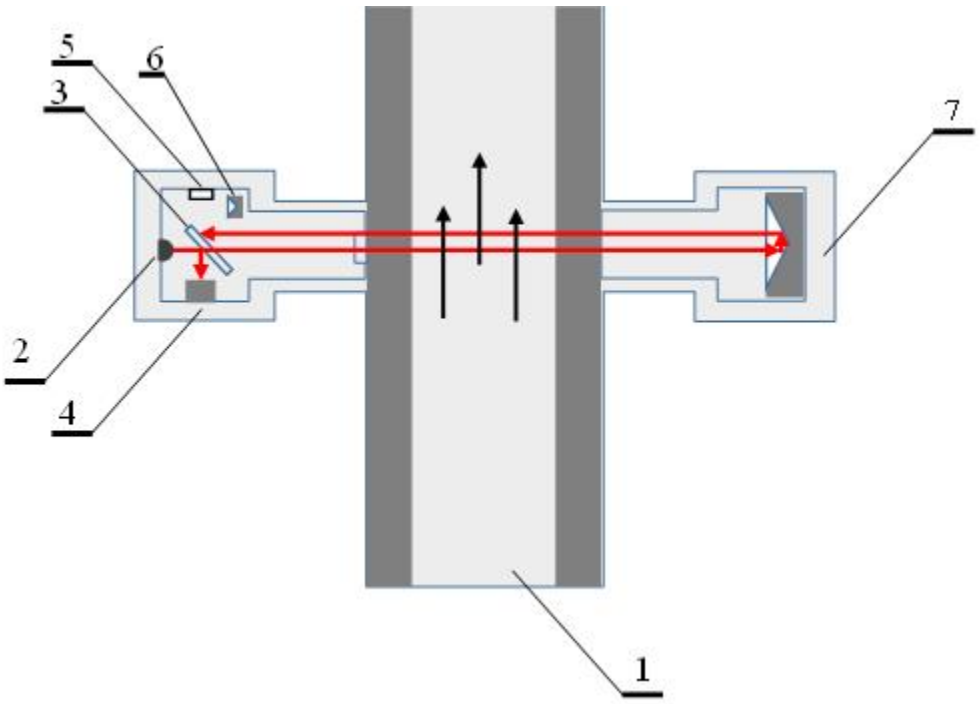
2. Оборудование устанавливается непосредственно на площадке, что влечет за собой воздействие различных погодных факторов, таких, как дождь, снег, температура и влажность. Также необходимо учитывать вибрацию, которая может возникать в процессе работы оборудования или из-за внешних факторов. Если оборудование установлено на высоте, это усложняет его обслуживание и калибровку, так как требуется специальное оборудование и меры безопасности для доступа к таким установкам. Это может привести к увеличению времени и затрат на техническое обслуживание.

3. В случае лазерных систем температурные колебания могут привести к изменению расстояния и движению между излучателем и приемником.

4. Приемник и излучатель должны быть смонтированы строго на одной линии.

5. Оптика подвергается воздействию дымовых газов.

6. Имеются ограничения по температуре, содержанию пыли, кислотной точки росы отходящих газа.



1 – газоход; 2 – источник излучения; 3 – делитель луча; 4 – детектор сравнения; 5 – детектор; 6 – рефлектор для установки нулевой точки; 7 – отражатель

Рисунок 5.13. АСМ неэкстративного типа с измерением в сечении (вариант с двумя лучами).

Датчики устанавливаются на дымовую трубу или воздуховод, условия в месте установки очень важны. При наличии вибрации дымовой трубы или воздуховода ИК АСМ неэкстрактивного типа могут испытывать проблемы в работе, особенно электрооптические системы. Вибрация может ослабить или нарушить выравнивание

оптических компонентов и ослабить платы и электронные компоненты. Для длинных зондов вибрации в сочетании с изменяющимися скоростями отходящего газа могут вызвать колебания самого зонда и привести к трещинам или другим структурным повреждениям.

Высокие окружающие температуры или широкие колебания температур также влияют на электронику и оптику, установленные на дымовой трубе. Кислотные газы в окружающем воздухе влияют на плохо сконструированные корпуса инструментов, а конденсированные кислотные газы в отходящем газе способствуют быстрому корродированию датчиков. В некоторых случаях может потребоваться использование коррозионностойких сплавов.

Достигнутые экологические выгоды

Внедрение газоаналитических ИК АСМ привело к значительному снижению выбросов, повысило экологическую ответственность предприятий и позволило количественно оценить вклад промышленных предприятий в загрязнение атмосферного воздуха.

Общее потребление первичной энергии

Потребление электроэнергии всей АСМ экстрактивного типа с разбавлением проб варьируется от 10 до 20 кВт в зависимости от конструкции.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Применение газоаналитического ИК АСМ позволяет эффективно контролировать промышленные выбросы в различных отраслях. Рекомендуется проводить плановое обслуживание и калибровку АСМ данного типа не реже 2 раз в год.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

ИК АСМ применяются в электростанциях (угольных и газовых), на цементных и известковых заводах, мусоросжигательных установках, в нефтегазовой промышленности (нефтеперерабатывающие и нефтехимические заводы), металлургии (сталелитейные и цветные металлы), целлюлозно-бумажной, стекольной и химической промышленности, и в пищевой, фармацевтической и сельскохозяйственной отраслях. ИК АСМ данного типа обеспечивают точное и оперативное измерение выбросов таких веществ, как SO2, NOx, CO, CO2, PM и ЛОС, что позволяет своевременно принимать меры по снижению выбросов, оптимизировать производственные процессы и соблюдать экологические нормы.

Экономические показатели

Стоимость одного газоаналитического ИК данного типа примерно от 75,5 млн. теңге (≈150 000 долларов США).

Эффект от внедрения

Применение газоаналитического ИК АСМ данного типа позволяет эффективно контролировать выбросы многих маркерных веществ, обозначенных в справочниках НДТ Республики Казахстан (главным образом взвешенных веществ), и физические параметры.

5.1.2.Техники мониторинга и определения содержания компонентов в газовоздушной смеси выбросов

Для измерений содержания компонентов газовых сред используется множество физико-химических методов, которые по своим возможностям отвечают требованиям, предъявляемым к измерениям с использованием автоматических измерительных систем, надежности функционирования технических средств в непрерывном режиме, достоверности результатов измерений, возможности автоматизации процедуры измерений и прочее. Бòльшая часть этих методов относится к оптическим методам, основанным на законе Бугера-Ламберта-Бэра, связывающем поглощение света с концентрацией поглощающего вещества. В зависимости от длины волны поглощаемого излучения в оптических газоаналитических ИК АСМ наиболее части используются методы излучения в УФ-диапазоне, видимой области и ИК-диапазоне в вариантах недисперсионной, дифференциальной и Фурье-спектроскопии. Кроме оптических методов используются также электрохимические, хроматографические методы, метод спектрометрии ионной подвижности и другие [30].

Методы сертифицированной АСМ для наиболее распространенных загрязнителей воздуха кратко изложены в таблице 5.3.

Таблица 5.3. Методы сертифицированной АСМ для наиболее распространенных загрязнителей воздуха

№ п/п	Загрязнитель	Методы мониторинга
1	2	3
1	NH3	FTIR (инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье), NDIR (недисперсионный инфракрасный метод) с GFC (газовый фильтр корреляции), TDL (настраиваемая спектрометрия поглощения диодного лазера)
2	CO	FTIR (инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье), NDIR (недисперсионный инфракрасный метод)

3	Пыль (взвешенные вещества)	Ослабление или рассеяние света, трибоэлектрический эффект (т.е. электризация зонда, вызванная пылевыми частицами)
4	HCl	FTIR (инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье), NDIR (недисперсионный инфракрасный метод) с GFC (газовый фильтр корреляции), TDL (настраиваемая спектрометрия поглощения диодного лазера)
5	HF	FTIR (инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье), TDL (настраиваемая спектрометрия поглощения диодного лазера)
6	CH4	FID (обнаружение ионизации пламени), FTIR (инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье), NDIR (недисперсионный инфракрасный метод)
7	Hg	AAS (атомно-абсорбционная спектрометрия), DOAS (дифференциальной оптической поглощение спектроскопии)
8	NOx	Хемилюминесценция, FTIR (инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье), NDIR (недисперсионный инфракрасный метод), NDUV (недисперсионная УФ-спектрометрия), DOAS (дифференциальное оптическое поглощение спектроскопии)
9	SO2	FTIR (инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье), NDIR (недисперсионный инфракрасный метод), NDUV (недисперсионная УФ-спектрометрия), DOAS (дифференциальное оптическое поглощение спектроскопии)
10	Общий летучий органический углерод (TVOC)	FID (обнаружение ионизации пламени)

Выбор метода непрерывного измерения концентрации загрязняющих веществ в отходящих дымовых газах во многом определяется свойствами газов по поглощению и излучению света в различных диапазонах электромагнитного спектра. На рисунке ниже представлен пример спектрального распределения поглощения и излучения различных

газов в разных диапазонах электромагнитного спектра, включая вакуумный УФ, ультрафиолетовый, видимый, ближний ИК, средний ИК и дальний ИК диапазоны. Диаграмма указывает на типы спектроскопических переходов и область применения различных анализаторов. Понимание этих переходов и спектральных особенностей позволяет эффективно использовать спектроскопические методы для мониторинга и анализа загрязнителей воздуха.

Спектральные диапазоны поглощения и излучения света следующие:

вакуумный ультрафиолетовый: 100 – 200 нм;

ультрафиолетовый: 200 – 400 нм;

видимый: 400 – 700 нм (фиолетовый – красный);

ближний инфракрасный: 700 нм – 2.5 мкм (1000 – 4000 $см^{1}$);

средний инфракрасный: 2.5 – 25 мкм (400 – 4000 $см^{1}$);

дальний инфракрасный: 25 – 1000 мкм (10 – 400 $см^{1}$).

Типы спектроскопических переходов:

ионизация, предиссоциация, диссоциация: происходит в вакуумном УФ диапазоне;

электронные переходы: в ультрафиолетовом и видимом диапазонах;

обертоны и комбинационные полосы: в ближнем инфракрасном диапазоне;

вращательно-колебательные переходы: в среднем инфракрасном диапазоне;

вращательные переходы: в дальнем инфракрасном диапазоне.

Существует несколько типов анализаторов, которые используются для измерения концентрации различных газов и частиц в выбросах.

УФ-анализаторы позволяют детектировать следующие газы: SO2 и NO2, которые поглощают ультрафиолетовое излучение. Эти анализаторы широко используются в промышленных приложениях для контроля выбросов и обеспечения соответствия экологическим стандартам.

Мониторы непрозрачности используются в видимом диапазоне для измерения концентрации частиц в дымовых газах. УФ-анализаторы играют ключевую роль в контроле загрязнения воздуха, позволяя оценивать содержание твердых частиц и обеспечивать соблюдение нормативов по выбросам. Мониторы непрозрачности востребованы на электростанциях, металлургических и химических заводах.

ИК-анализаторы включают устройства, работающие в ближнем, среднем и дальнем инфракрасных диапазонах. УФ-анализаторы применяются для измерения концентраций различных газов, таких как CO, CO2, H2O и CH4. Ближний ИК-диапазон используется для анализа комбинационных и обертонных полос поглощения, средний ИК-диапазон – для вращательно-колебательных переходов, а дальний ИК-диапазон – для вращательных переходов. ИК-анализаторы находят широкое применение в экологии, промышленности и научных исследованиях.

Различные газы имеют свои уникальные спектральные особенности в разных диапазонах электромагнитного спектра. В вакуумном УФ диапазоне (100 – 200 нм)

газы, такие, как H2S и NO, проявляют поглощение и ионизацию. SO2 в этом диапазоне может поглощать и излучать свет.

В ультрафиолетовом и видимом диапазонах (200 – 700 нм) газы, такие, как SO2 и O2, также проявляют поглощение и излучение. NO2 в этих диапазонах поглощает и излучает свет, что позволяет использовать УФ-анализаторы для их детектирования.

В ближнем инфракрасном диапазоне (700 нм – 2,5 мкм) газы, такие как CO2 и H2O, проявляют поглощение в комбинационных и обертонных полосах. Это делает ближний ИК-диапазон полезным для анализа органических соединений и воды.

В среднем инфракрасном диапазоне (2,5 – 25 мкм) происходит поглощение в вращательно-колебательных переходах для газов, таких, как CH4, H2S, NH3, NO, NO2, SO2 и CO. Газы H2O и CO2, также поглощают в комбинационных и обертонных полосах в этом диапазоне.

В дальнем инфракрасном диапазоне (25 – 1000 мкм) газы, такие, как H2O и CO2, проявляют поглощение в вращательных переходах. Этот диапазон используется для анализа слабых взаимодействий и колебаний в молекулах.

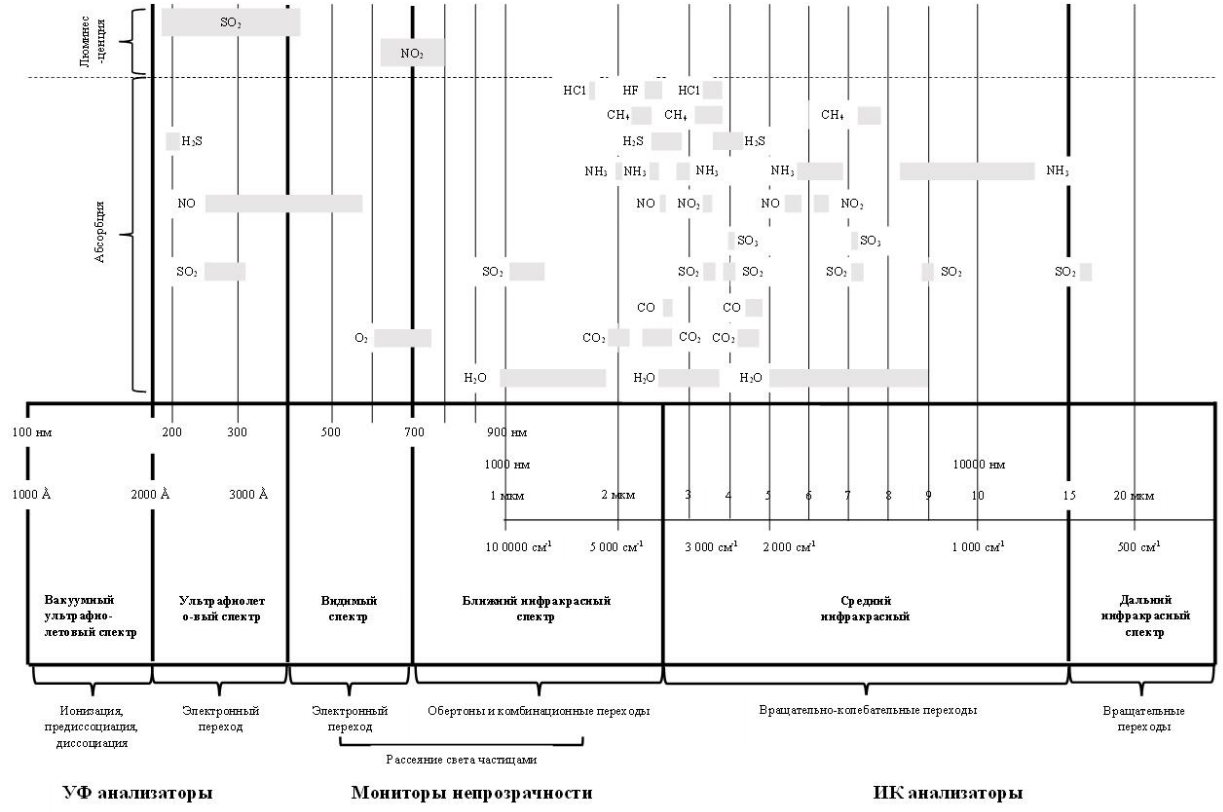


Рисунок 5.14. Электромагнетические спектры для измерения концентраций при АСМ.

Ниже представлено краткое описание методов измерения концентраций газов.

Инфракрасная спектроскопия

Недисперсионный инфракрасный метод (NDIR) основан на поглощении инфракрасного излучения газами. Излучение проходит через образец и детектор измеряет уменьшение интенсивности света.

Инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье (FTIR) использует преобразование Фурье для анализа спектра инфракрасного излучения, прошедшего через образец. Позволяет измерять широкий спектр газов одновременно.

Настраиваемая спектрометрия поглощения диодного лазера (TDL) использует перестраиваемые диодные лазеры для измерения концентраций газов на определенных длинах волн.

Ультрафиолетовая и видимая спектроскопия

Дифференциальное оптическое поглощение спектроскопии (DOAS) измеряет дифференциальное поглощение света в ультрафиолетовом и видимом диапазонах. Позволяет идентифицировать и количественно анализировать газы с характерными спектрами поглощения.

Недисперсная УФ-спектрометрия (NDUV) – метод аналогичен NDIR, но используется ультрафиолетовое излучение для измерения концентраций газов, которые поглощают УФ свет.

Атомно-абсорбционная спектроскопия (AAS) – метод основан на поглощении света атомами элемента в газовой фазе. Определяет концентрацию элементов по уменьшению интенсивности света.

Фотоионизационные и люминесцентные методы

Атомно-флюоресцентная спектроскопия (AFS) – метод основан на возбуждении атомов и измерении их флуоресценции. Позволяет определять низкие концентрации элементов.

Ионная масс-спектрометрия (IMS) – метод основан на измерении времени пролета ионов через электрическое поле. Позволяет разделять и идентифицировать ионы по их подвижности.

Хроматографические методы

Обнаружение ионизация пламени (FID) – метод, где газ хроматографического столба вводится в водородное пламя, органические соединения ионизируются и их концентрация определяется по току ионов.

Методы корреляционной спектроскопии

Газовый фильтр корреляции (GFC) – метод, где для корреляции и селективного измерения концентраций газов по их спектрам поглощения используются газовые фильтры.

5.1.2.1. Недисперсионный инфракрасный метод (NDIR)

Техническое описание

Приборы, предназначенные для измерения молекулярного поглощения света, допускается классифицировать как спектрометры или спектрофотометры.

Спектрометры предназначены для изменения длины волны в диапазоне длин волн, чтобы получить детализированную информацию о поглощении в зависимости от длины волны. Спектрофотометры, напротив, не рассеивают свет для сканирования спектра, а используют фильтры или другие механизмы для измерения поглощения света в относительно узком диапазоне длин волн или "полос", сосредоточенных на пике поглощения молекулы.

Спектрофотометры, используемые в инфракрасной области, обычно называют анализаторами с недисперсионного инфракрасного (NDIR) метода. NDIR-система работает следующим образом: инфракрасный свет излучается источником радиации, таким, как Globar (стержень из карбида кремния, нагретый до температуры свыше 1000 °C), другие типы инфракрасных тепловых излучателей, инфракрасные светодиоды или инфракрасные лазеры.

Свет передается через две газовые камеры: эталонную и образцовую. Эталонная камера содержит газ, например, азот или аргон, которые не поглощают свет на используемой длине волны. Когда передаваемый луч проходит через образцовую камеру, молекулы загрязняющего вещества поглощают часть инфракрасного света. В результате, когда свет выходит из образцовой камеры, его энергия будет меньше, чем при входе, и также меньше, чем энергия света, выходящего из эталонной камеры. Энергетическая разница фиксируется детектором, таким, как твердотельный датчик (например, теллурид кадмия ртути (MCT), сульфид свинца (PbS), селенид мышьяка (As2Se3)) или пневматический датчик типа Luft. Чувствительность твердотельных датчиков возможно увеличить охлаждением с использованием термоэлектрического охладителя.

Основная проблема, при использовании анализаторов с данной системой детектирования, заключается в том, что газы, поглощающие свет в той же спектральной области, что и молекула загрязняющего вещества, вызовут положительные помехи в измерении. Например, водяной пар и CO2 будут вмешиваться в измерение CO. В таких случаях эти газы должны быть удалены системой очистки перед тем, как образцовый газ войдет в анализатор.

Для решения данной проблемы используют пневматический детектор с последовательным расположением камер поглощения. В этом детекторе две камеры заполняются газом измеряемого вида. Передняя камера короче задней, и обе соединены с датчиком, который может обнаруживать разницу в давлении газа между двумя камерами или поток газа между ними. Этот метод широко используется для минимизации помех при измерении таких газов, как CO2 и H2O, и позволяет создавать высокочувствительные и точные анализаторы для мониторинга различных газов, таких, как NH3, CO, HCl, CH4, NOx и SO2.

Достигнутые экологические выгоды

NDIR-анализаторы позволяют точно измерять концентрации различных газов (например, CO2, CO, CH4), что способствует более эффективному контролю и снижению выбросов вредных веществ в атмосферу.

Общее потребление первичной энергии

Современные NDIR-анализаторы разрабатываются с учетом требований энергоэффективности, что позволяет снизить общее потребление энергии при их эксплуатации.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Высокая точность в определении концентраций различных газов позволяет своевременно выявлять и устранять источники загрязнения.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

NDIR-анализаторы широко применяются в различных отраслях благодаря своей точности и надежности в определении CO2 и H2O, NH3, CO, HCl, CH4, NOx и SO2.

В промышленности они используются для контроля выбросов углекислого газа, угарного газа и метана на электростанциях, цементных заводах и нефтехимических предприятиях, что помогает соблюдать экологические нормы.

Экономические показатели

Ключевым экономическим показателем является низкая стоимость. Что включает первоначальные инвестиции в покупку оборудования, и эксплуатационные расходы, такие, как техническое обслуживание и калибровка. NDIR-анализаторы требуют минимального технического обслуживания и обладают долгим сроком службы, что снижает общие расходы на эксплуатацию.

Эффект от внедрения

Внедрение описанных методов измерения выбросов CO приводит к улучшению экологической обстановки, снижению вредного воздействия на здоровье людей и окружающую среду, и к повышению энергоэффективности и сокращению операционных расходов на предприятиях.

5.1.2.2. Инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье (FTIR)

Принцип работы FTIR-анализаторов заключается в следующем: свет от инфракрасного источника направляется на делитель пучка, который разделяет свет на два луча. Один из лучей направляется к подвижному зеркалу, а затем возвращается обратно, второй – к стационарному зеркалу и также возвращается. Подвижное зеркало изменяет расстояние, которое проходит один из лучей, что приводит к изменению фазы этого луча. Затем два луча снова объединяются и проходят через ячейку с образцом, после чего направляются к детектору. Когда два луча объединяются, они интерферируют, создавая интерферограмму, которая содержит информацию обо всех частотах инфракрасного спектра, прошедшего через образец. Интерферограмма

обрабатывается с помощью преобразования Фурье для получения инфракрасного спектра, который показывает, какие частоты света были поглощены образцом.

Одним из главных преимуществ FTIR является возможность одновременного измерения концентраций множества различных газов. Это достигается благодаря тому, что спектр содержит информацию обо всех частотах инфракрасного света, проходящего через образец. FTIR-спектрометры обычно работают в диапазоне от 2,5 до 25 мкм (от 4000 до 400 $см^{1}$), что позволяет измерять широкий спектр газов и соединений. Технология преобразования Фурье обеспечивает высокую чувствительность и точность измерений, что позволяет обнаруживать даже низкие концентрации газов.

FTIR-анализаторы широко применяются в различных секторах промышленности. FTIR-анализаторы используются для мониторинга промышленных выбросов на цементных заводах, инсенераторах и других промышленных объектах. Эти приборы также эффективны для контроля за выбросами при сжигании топлива и анализа воздуха в окружающей среде. В химической промышленности и материаловедении FTIR-спектроскопия применяется для проведения исследований и контроля качества продукции. Несмотря на то, что FTIR является лабораторной техникой, появление относительно недорогих и мощных микропроцессорных систем позволило применять этот метод в полевых условиях.

Основное преимущество FTIR-техники заключается в получении "картины" полного спектра поглощения газовой пробы в широком спектральном диапазоне. Приборы FTIR обычно имеют диапазон 2,5 – 25 мкм [4000 – 400 см–1 (волновые числа)]. Спектр, полученный с помощью FTIR, позволяет определить присутствие и концентрацию различных газов в образце. Метод FTIR также заключается в том, что не требуется разрабатывать новый прибор для измерения каждого нового соединения. Метод FTIR измеряет любое соединение, если оно поглощает световую энергию в соответствующих инфракрасных диапазонах. Появление относительно недорогих и мощных микропроцессорных систем позволило применять этот метод для непрерывного мониторинга.

Основные различия между системами FTIR для применения в области экологии заключаются в конструкции оптической системы и методе перемещения зеркала для создания интерферограммы. Конструкция подвижного зеркала должна быть устойчивой к вибрациям для использования в полевых условиях. Для достижения этой цели разработаны различные уникальные методы. Иные различия между приборами существуют в математических методах, используемых для извлечения данных о концентрации загрязняющих веществ из интерферограммы и спектра, полученной с помощью преобразования Фурье. Системы FTIR устанавливаются в качестве непрерывных мониторинговых приборов на цементных заводах, мусоросжигательных установках и угольных электростанциях. Компании, занимающиеся тестированием

источников, используют системы FTIR для измерения широкого спектра опасных загрязнителей воздуха.

Достигнутые экологические выгоды

FTIR-анализаторы позволяют точно измерять концентрации различных газов в выбросах, что способствует более эффективному контролю и снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Общее потребление первичной энергии

Современные FTIR-анализаторы разработаны с учетом требований энергоэффективности, что позволяет минимизировать общее потребление энергии при их эксплуатации.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Метод инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR) позволяет контролировать широкий спектр газов, таких, как NH3, CO, HCl, HF, CH4, NOx, и SO2.

Экономические показатели

Стоимость приборов для измерения CO варьируется в зависимости от систем, начиная от 5 млн. теңге (≈10 тысяч долларов США).

Первоначальные инвестиции окупаются за счет снижения эксплуатационных расходов и предотвращения штрафов за несоблюдение экологических норм.

Высокая надежность и длительный срок службы FTIR-анализаторов снижают эксплуатационные расходы, включая затраты на техническое обслуживание и калибровку.

Экологические показатели и эксплуатационные показатели

FTIR-анализаторы обеспечивают высокую точность и чувствительность измерений, что позволяет своевременно обнаруживать даже низкие концентрации загрязняющих веществ.

Современные FTIR-анализаторы оснащены удобными интерфейсами и автоматическими функциями, что упрощает их использование и снижает требования к квалификации персонала.

Эффект от внедрения

Внедрение описанных методов измерения выбросов CO приводит к улучшению экологической обстановки, снижению вредного воздействия на здоровье людей и окружающую среду, и к повышению энергоэффективности и сокращению операционных расходов на предприятиях.

5.1.2.3. Спектрометрия поглощения диодного лазера (туннельные диодные лазеры, TDL)

Техническое описание

Туннельные диодные лазерные анализаторы – это высокочувствительные устройства, используемые для измерения концентраций газов в различных средах. Туннельные диодные лазерные анализаторы работают на основе поглощения света определенной длины волны, излучаемого туннельным диодным лазером, газообразными молекулами в анализируемом образце. Анализаторы находят широкое применение благодаря своей высокой точности, чувствительности и быстроте отклика.

С появлением ближнеинфракрасных лазеров для связи и улучшением инфракрасных полупроводниковых детекторов компании в Европе, Канаде и США разработали лазерные мониторы для источников и окружающей среды.

TDL-анализаторы включают несколько ключевых компонентов, обеспечивающих их эффективную работу:

1. Туннельный диодный лазер – генерирует узкий спектральный диапазон света с высокой монохроматичностью, что позволяет точно настроить длину волны на определенные линии поглощения газов.

2. Оптическая система – система линз и зеркал направляет лазерное излучение через анализируемую пробу. Оптические компоненты могут включать многопроходные ячейки, которые увеличивают путь света через пробу, повышая чувствительность измерений.

3. Образцовая ячейка – содержит газообразный образец, через который проходит лазерный луч. Газовые молекулы поглощают свет на определенных длинах волн, характерных для каждого вида газа.

4. Детектор – измеряет интенсивность света после прохождения через образцовую ячейку. Падение интенсивности на определенных длинах волн указывает на присутствие и концентрацию газов в пробе.

5. Аналого-цифровой преобразователь и микропроцессор. Сигнал с детектора преобразуется в цифровой формат и обрабатывается микропроцессором, который анализирует данные и рассчитывает концентрации газов на основе измеренного поглощения света.

TDL-анализаторы обладают рядом преимуществ, делающих их эффективными инструментами для различных приложений:

1. Высокая чувствительность и точность. Узкая спектральная ширина и высокая монохроматичность излучения обеспечивают высокую чувствительность и точность измерений.

2. Быстрый отклик. Обеспечивают практически мгновенный отклик, это позволяет проводить измерения в реальном времени, что важно для контроля технологических процессов и мониторинга выбросов.

3. Избирательность измерений. Возможность точной настройки длины волны лазера позволяет избирательно измерять концентрации отдельных газов даже в сложных газовых смесях.

4. Широкий динамический диапазон. Способность измерять как низкие, так и высокие концентрации газов, что делает их универсальными для различных приложений.

5. Простая система на диодном лазере может использовать технику дифференциального поглощения, настраивая лазер на разные длины волн путем изменения температуры лазера или его рабочего тока. Однако более высокая чувствительность может быть достигнута путем модуляции длин волн лазера в диапазоне пика поглощения. Техника второго производного особенно применима для усиления обнаружения слабых сигналов поглощения в ближнеинфракрасных областях, где доступны лазеры. Существует несколько способов реализации этого метода, но итоговый результат – сигнал, пропорциональный второму производному закону Бера.

Метод зависит от формы линии поглощения, могут возникнуть проблемы из-за эффектов уширения линии. Температура и давление влияют на форму линии, и столкновения между молекулами, приводящие к коллизионному уширению. Лазеры очень специфичны по длине волны и могут избегать спектральных помех, коллизионное уширение зависит от состава дымовых газов, вводя другой тип помех, напоминающий эффекты тушения в флуоресцентных мониторах. Разработаны передовые спектроскопические техники и методы компенсации для минимизации эффектов уширения линии. Лазеры с распределенной обратной связью и лазеры с распределенной брэгговской рефлекцией являются наиболее широко применяемыми.

Достигнутые экологические выгоды

Применение TDL-анализаторов в экологическом мониторинге приносит значительные экологические выгоды. Благодаря способности проводить измерения в реальном времени, TDL-анализаторы помогают предотвратить превышение допустимых норм выбросов, минимизировать загрязнение воздуха и обеспечивать соблюдение строгих экологических стандартов. Что способствует улучшению качества воздуха, защите здоровья населения и снижению негативного воздействия на окружающую среду. В результате применение этих анализаторов помогает предприятиям не только соблюдать экологические нормы, но и активно участвовать в охране окружающей среды, снижая уровень загрязняющих веществ в атмосфере.

Общее потребление первичной энергии

Общее потребление первичной энергии TDL-анализаторами обычно невелико по сравнению с другими методами анализа газов. Высокая чувствительность и точность измерений, TDL-анализаторы минимизируют потребление энергии за счет сокращения времени и ресурсов, необходимых для проведения анализа. Кроме того, использование передовых оптических и электронных компонентов позволяет снизить общее потребление энергии, делая TDL-анализаторы экономически выгодными и устойчивыми с точки зрения энергопотребления.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

TDL-анализаторы широко применяются в промышленном и экологическом мониторинге для точного измерения концентраций газов, таких, как NH3, HCl, HF, CH4, NOx и SO2, в выбросах и окружающей среде. Они также используются для контроля технологических процессов, обеспечения безопасности на рабочих местах и в научных исследованиях благодаря своей высокой чувствительности, избирательности и быстрому отклику.

Экономические показатели

TDL-анализаторы характеризуются высокой экономической эффективностью благодаря низким эксплуатационным расходам, включая минимальные требования к техническому обслуживанию и отсутствие необходимости в расходных материалах. Их высокая точность и быстрота измерений также способствуют оптимизации производственных процессов и снижению затрат, связанных с авариями и простоем оборудования.

Эффект от внедрения

Внедрение описанных методов измерения выбросов CO приводит к улучшению экологической обстановки, снижению вредного воздействия на здоровье людей и окружающую среду, и к повышению энергоэффективности и сокращению операционных расходов на предприятиях.

5.1.2.4. Дифференциальное оптическое поглощение спектроскопии (DOAS)

Спектроскопия дифференциального поглощения или дифференциальной оптической спектроскопией поглощения (DOAS), или прямой спектроскопией поглощения в отличие от техники модуляции длины волны и производной спектроскопии. Техника применяется с использованием источников света, излучающих на инфракрасных или ультрафиолетовых длинах волн, в системах АСМ как неэкстрактивного типа, так и экстрактивного типа. Эта техника стала широко распространенной в системах АСМ неэкстрактивного типа, используемых для мониторинга реактивных газов, таких, как HCl и NH3, и такого загрязняющего вещества, как Hg. Хотя в этих приборах обычно используются оптические фильтры для выбора света подходящих длин волн, перестраиваемые диодные лазеры и квантово-каскадные лазеры могут обеспечивать большую мощность сигнала и дискриминацию по длинам волн.

В типичной системе дифференциального поглощения с использованием широкополосного источника света свет излучается на многих разных длинах волн и проходит через ячейку, содержащую образцовый газ (или через трубу) к детектору. Сигнал детектора на длине волны, где энергия не поглощается, используется в качестве эталонного измерения для сигнала, полученного на длине волны, где энергия поглощается.

Достигнутые экологические выгоды

DOAS анализаторы позволяют точно измерять концентрации различных газов, что способствует улучшению контроля выбросов загрязняющих веществ, таких, как SO2, NO2, HCl и NH3.

Общее потребление первичной энергии

Современные DOAS-анализаторы разработаны с учетом высоких требований к энергоэффективности, что позволяет минимизировать потребление энергии.

Продвинутые технологии и алгоритмы обработки данных помогают уменьшить общее потребление энергии, сохраняя при этом высокую точность измерений.

Экологические показатели и эксплуатационные показатели

DOAS анализаторы обладают высокой точностью и могут измерять низкие концентрации различных газов, что позволяет своевременно выявлять даже незначительные загрязнения. Данные анализаторы позволяют измерять концентрации множества различных газов.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

DOAS-анализаторы широко применяются в различных отраслях, таких, как химическая, нефтегазовая, металлургическая, энергетическая и других.

Экономические показатели

В целом, метод DOAS является экономически эффективным решением для мониторинга газов, обеспечивая низкие эксплуатационные расходы и высокую надежность.

Эффект от внедрения

Внедрение описанных методов измерения выбросов CO приводит к улучшению экологической обстановки, снижению вредного воздействия на здоровье людей и окружающую среду, и к повышению энергоэффективности и сокращению операционных расходов на предприятиях.

5.1.2.5. Недисперсионная УФ-спектрометрия (NDUV)

Недисперсионная ультрафиолетовая спектроскопия (NDUV) – это метод измерения концентраций газов на основе поглощения ими ультрафиолетового света. Анализаторы NDUV используют специфические длины волн ультрафиолетового света для детектирования и измерения концентраций различных газообразных веществ.

Анализаторы NDUV способны измерять различные газы, которые обладают характерными полосами поглощения в ультрафиолетовом диапазоне. Вот некоторые из газов, которые допускается измерять с помощью NDUV-анализаторов: SO2, NO, NO2, H2S, HCl, HF, NH3.

При анализе газов в ультрафиолетовом диапазоне часто используется один или несколько узких полос поглощения в ультрафиолетовом спектре. В коммерческих

приборах доступны различные варианты конструкций – наиболее распространенными являются однолучевой двухволновой фотометр, двухлучевой многоволновой фотометр или дисперсионный спектрометр с диодной матрицей.

NDUV-анализаторы используют несколько компонентов:

1. Источник ультрафиолетового излучения. Это может быть дейтериевая лампа или светодиодный источник.

2. Делитель пучка и оптические компоненты. Свет от источника направляется на делитель пучка, который разделяет его на два луча. Данные лучи проходят через различные оптические компоненты, такие как фильтры, зеркала и линзы, для фокусировки и направления света через образцовую ячейку и эталонную ячейку.

3. Образцовая ячейка – ячейка, содержащая газовый образец, через которую проходит один из лучей ультрафиолетового света. Газообразные компоненты в образце поглощают ультрафиолетовый свет на специфических длинах волн, соответствующих их молекулярной структуре.

4. Эталонная ячейка – ячейка, содержащая поверочные газовые смеси или вакуум, через которую проходит второй луч ультрафиолетового света. Эталонная ячейка используется для калибровки и компенсации возможных изменений интенсивности источника света и оптической системы.

5. Детектор. Ультрафиолетовый детектор измеряет интенсивность света, прошедшего через образцовую и эталонную ячейки. Современные детекторы разделяются по элементам: фотоэлектронными умножителями или кремниевыми фотодиодами, чувствительными к ультрафиолетовому излучению.

6. Аналогово-цифровой преобразователь и микропроцессор. Сигнал с детектора преобразуется в цифровой формат и обрабатывается микропроцессором. Микропроцессор анализирует данные и рассчитывает концентрации газов на основе измеренного поглощения ультрафиолетового света.

Данные приборы хорошо работают при высоких концентрациях, встречающихся на угольных электростанциях и плавильных заводах. Их редко применяют при низких уровнях концентрации, SO теряется в конденсационных блоках холодных сухих экстрактивных систем, особенно при низких концентрациях.

Функционал приборов данного типа позволяют модификацию для включения фильтрового колеса, содержащего до пяти спектральных интерференционных фильтров . Монитор измеряет дополнительные газы в одном анализаторе по мере вращения фильтрового колеса, где отдельные фильтры пропускают дискретные длины волн света , на которых различные газообразные вещества поглощают свет. Расположение фильтров в колесе и размещение ламп источников света выбираются так, чтобы в любой момент времени свет, достигающий детектора, поступал только от одной комбинации лампы и фильтра. В комбинации, используемой для мониторинга общего содержания NOx и SO2, используются две разные источниковые лампы с полым

катодом. Оптические фильтры, селективные для длин волн 284 и 309 нм, используются для измерения NO, а один фильтр – для измерения NO2 и/или SO2 при 214 нм.

Чувствительность увеличивается с использованием многопроходной ячейки Уайта для обеспечения большей длины измерительного пути. Прибор измеряет уровни в ppm, но не на уровнях ppb, которые необходимы для применения в разбавляюще-экстрактивных системах. Использование данных анализаторов для мониторинга соблюдения нормативных требований может быть не всегда подходящим, когда установлены низкие пределы выбросов; однако они широко используются в качестве процессных мониторов, особенно в газоаналитических ИК АСМ экстрактивного типа. Версии прибора NDUV, устанавливаемые в стойку как для измерения одного газа, так и для многокомпонентного анализа, часто устанавливаются в мобильных лабораториях для тестирования выбросов.

Детекторы с фотодиодными матрицами применяются в ультрафиолетовом диапазоне спектра как в газоаналитических ИК АСМ экстрактивного типа, так и в газоаналитических ИК АСМ неэкстрактивного типа, обычно для мониторинга таких соединений, как SO, NO и NH. С появлением детекторов с фотодиодными матрицами стало возможно создать спектрометр, способный измерять несколько газов, практически с той же простотой, что и фотометр. Детектор с фотодиодной матрицей состоит из серии кремниевых фотодиодов, чувствительных к свету. Матрица может содержать от 128 до более чем 4000 диодных элементов, каждый из которых разделен примерно на 25 мкм. Сначала матрица настраивается путем заряда каждого диодного элемента обратным напряжением для создания барьера для потока электронов. Когда свет падает на n-тип кремния диода, фотоны генерируют электроны, которые разряжают диод. Затем каждый из диодов перезаряжается – напряжение, необходимое для его перезарядки, является мерой интенсивности света на элементе.

Оптические фильтры и диодные лазеры используются как в газоаналитических ИК АСМ экстрактивного типа, так и в газоаналитических ИК АСМ неэкстрактивного типа. Относительно недорогие анализаторы допускается конструировать с использованием оптических фильтров. Оптические фильтры обычно используются для мониторинга CO2 в инфракрасном диапазоне. Техника NDUV широко применяется в ультрафиолетовых газоаналитических ИК АСМ экстрактивного типа, газоаналитических ИК АСМ неэкстрактивного типа и приборах для дистанционного зондирования.

Достигнутые экологические выгоды

Применение NDUV-анализаторов позволяет оперативно и точно измерять концентрации вредных газов, таких, как SO, NOx и NH3, что способствует предотвращению превышения допустимых уровней выбросов и минимизации загрязнения воздуха. Это улучшает качество воздуха, защищает здоровье населения и снижает негативное воздействие на окружающую среду.

Общее потребление первичной энергии

NDUV-анализаторы отличаются низким потреблением первичной энергии благодаря использованию энергоэффективных компонентов, таких, как ультрафиолетовые светодиоды и детекторы. Оптимизация оптических систем и минимальное энергопотребление детекторов также способствуют снижению общих затрат на электроэнергию.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

В зависимости от выбора ламп и фильтров, другие газы, такие, как NH3, H2S, CS2, COS и Cl2 измеряются в ультрафиолетовом диапазоне с помощью этого анализатора. Минимальные диапазоны измерения варьируются от 0 – 20 ppm до 0 – 500 ppm или выше, в зависимости от измеряемого газа и длины ячейки.

NDUV-анализаторы находят широкое применение в различных отраслях благодаря своей способности точно и непрерывно измерять концентрации газов в реальном времени. В промышленности они используются для контроля выбросов на таких предприятиях, как нефтеперерабатывающие, химические и цементные заводы, электростанции. Данные анализаторы позволяют своевременно выявлять превышение допустимых уровней выбросов и принимать меры по их снижению, что способствует соблюдению экологических норм и стандартов. Применение NDUV-анализаторов помогает оптимизировать производственные процессы, повышая их эффективность и снижая затраты, связанные с авариями и простоями оборудования.

Экономические показатели

NDUV-анализаторы характеризуются низкими эксплуатационными расходами, минимальными требованиями к техническому обслуживанию и отсутствием необходимости в расходных материалах. Их высокая точность и быстрота измерений способствуют оптимизации производственных процессов и снижению затрат, связанных с авариями и простоем оборудования.

Эффект от внедрения

Внедрение NDUV-анализаторов обеспечивает высокий уровень контроля за выбросами, помогает соблюдать экологические нормативы и стандарты, что предотвращает штрафы и санкции.

5.1.2.6. Атомно-абсорбционная спектроскопия (AAS)

Атомно-абсорбционная спектрометрия (AAS) – это аналитический метод, используемый для количественного определения содержания металлических элементов в различных образцах. Метод основан на поглощении света свободными атомами элемента в газовой фазе.

Основные компоненты и принцип работы AAS-анализаторов включают несколько ключевых элементов. Источник света представлен полым катодным источником (HCL),

который содержит катоды из анализируемого элемента и излучает свет на длинах волн, характерных для данного элемента. Допускается использование электродесорбционных ламп для элементов, для которых сложно изготовить полые катодные лампы. Атомизатор в AAS анализаторах может быть пламенным, где образец вводится в пламя и диссоциируется на свободные атомы, или графитовой печью, где образец нагревается в графитовой трубке для более чувствительного анализа. Для некоторых элементов, таких, как As, Se, Sb, Sn, применяется гидридная генерация, образующая летучие гидриды.

Оптическая система включает монохроматор, который разделяет свет от источника на отдельные длины волн и направляет на анализируемую длину волны. Зеркала и линзы направляют свет через атомизатор и на детектор. Детектором служит фотопомножитель (PMT), измеряющий интенсивность света, прошедшего через атомизатор. Интенсивность поглощения света атомами анализируемого элемента пропорциональна его концентрации в образце. Аналого-цифровой преобразователь преобразует аналоговый сигнал с детектора в цифровой формат, а микропроцессор анализирует данные и рассчитывает концентрации элементов на основе измеренного поглощения света.

AAS-анализаторы обладают рядом преимуществ. Они обеспечивают высокую точность и чувствительность измерений, что позволяет анализировать следовые количества элементов. Метод специфически определяет отдельные элементы без значительного влияния мешающих веществ и способен измерять широкий диапазон концентраций, что делает его универсальным для различных приложений. Надежность и стабильность приборов достигаются благодаря простоте конструкции и проверенной методологии.

Достигнутые экологические выгоды

Применение AAS-анализаторов в экологическом мониторинге позволяет точно и оперативно определять содержание тяжелых металлов и других токсичных элементов в воздухе, воде и почве.

Общее потребление первичной энергии

AAS-анализаторы потребляют относительно небольшое количество первичной энергии благодаря использованию эффективных источников света, таких, как полые катодные лампы, и современных детекторов. Основное энергопотребление связано с работой атомизатора, особенно графитовой печи, однако современные модели анализаторов оптимизированы для минимизации энергозатрат при сохранении высокой точности и чувствительности измерений.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

AAS-анализаторы находят широкое применение в различных областях, включая экологический мониторинг, контроль качества в промышленности, медицине и научных исследованиях. Они используются для анализа содержания металлов в атмосферных выбросах, питьевой воде, сточных водах, почве и биологических образцах. В промышленности AAS-анализаторы применяются для контроля сырья и продукции, а в медицине – для определения концентраций элементов в биологических жидкостях.

Экономические показатели

AAS-анализаторы обладают высокой экономической эффективностью благодаря низким эксплуатационным расходам и долговечности приборов. Они требуют минимального технического обслуживания и имеют относительно низкую стоимость расходных материалов, таких, как лампы и реактивы.

Эффект от внедрения

Внедрение AAS-анализаторов обеспечивает значительные преимущества в контроле загрязнения окружающей среды и повышении качества продукции. Данные приборы позволяют своевременно выявлять и устранять источники загрязнения, способствуют соблюдению экологических норм и стандартов, что предотвращает наложение штрафов и санкций.

5.1.2.7. Атомно-флуоресцентная спектроскопия (AFS)

Атомно-флуоресцентная спектроскопия (AFS) – это аналитический метод, использующий явление флуоресценции для измерения концентраций элементов в образцах. Метод основан на возбуждении атомов определенного элемента и измерении излучения, испускаемого данныеми атомами при возврате в основное состояние.

Основные компоненты и принцип работы AFS-анализаторов включают источник возбуждения, который обычно представлен полым катодным источником или лазером. Этот источник света используется для возбуждения атомов элемента в образце, испуская свет на определенной длине волны, соответствующей энергетическим переходам атомов анализируемого элемента. Атомизация – процесс превращения анализируемого элемента в свободные атомы – достигается посредством применения пламени, графитовой печи или гидридной генерации. В случае гидридной генерации анализируемый элемент превращается в летучее соединение (гидрид), которое затем диссоциирует в атомизаторе, образуя свободные атомы. Оптическая система направляет свет от источника возбуждения через атомизатор, где атомы анализируемого элемента возбуждаются и начинают флуоресцировать. Оптические компоненты, такие, как линзы и зеркала, используются для фокусировки и направления света.

Монохроматор или спектрограф используется для разложения флуоресцентного излучения на его составляющие длины волн, что позволяет выбрать определенную длину волны, соответствующую флуоресценции анализируемого элемента, и

исключить фоновое излучение. Детектор, как фотоумножитель или фотодиод, измеряет интенсивность флуоресцентного излучения, которая пропорциональна концентрации анализируемого элемента в образце. Сигнал с детектора преобразуется в цифровой формат и обрабатывается микропроцессором, который анализирует данные и рассчитывает концентрацию элемента на основе измеренной интенсивности флуоресценции.

Преимущества AFS-анализаторов включают высокую чувствительность, что позволяет обнаруживать очень низкие концентрации элементов, специфичность метода , минимизирующую влияние мешающих веществ, и широкий диапазон измерений, что делает их универсальными для различных аналитических задач. Метод обеспечивает быстрый отклик и высокую точность измерений, что позволяет получать результаты анализа в короткие сроки.

Применение AFS-анализаторов разнообразно и включает экологический мониторинг для определения концентраций тяжелых металлов и других элементов в природных водах, почвах и атмосфере; промышленный контроль за содержанием вредных элементов в выбросах промышленных предприятий; анализ пищевых продуктов и напитков для обеспечения их безопасности; медицинские и биологические исследования для анализа биологических образцов, таких, как кровь и моча и геохимические исследования для изучения состава горных пород, минералов и почв. AFS-анализаторы представляют собой мощный инструмент для точного и чувствительного определения элементов в различных средах, обеспечивая надежные и быстрые результаты анализа.

Достигнутые экологические выгоды

AFS-анализаторы позволяют точно измерять концентрации тяжелых металлов в различных средах, что помогает в выявлении и устранении источников загрязнения, снижая тем самым их негативное воздействие на окружающую среду.

Общее потребление первичной энергии

Современные AFS-анализаторы разработаны с учетом требований энергоэффективности, что позволяет минимизировать общее потребление энергии при их эксплуатации.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

AFS-анализаторы широко применяются для определения низких концентраций элементов, особенно тяжелых металлов, в различных средах, таких, как вода, почва и воздух. Атомно-флуоресцентная спектроскопия (AFS) в основном используется для измерения концентраций металлических элементов, а не газов. Это связано с тем, что

метод основан на возбуждении и флуоресценции атомов, что наиболее эффективно для определения металлов в жидких или твердых пробах. Для газов, которые могут быть измерены косвенно, Hg, гидриды металлов (AsH3, SbH3, GeH4, H2Se) и CH3Hg.

AFS-анализаторы находят широкое применение в различных областях благодаря своей высокой чувствительности и специфичности. В экологическом мониторинге они используются для определения концентраций тяжелых металлов и других элементов в природных водах, почвах и атмосфере. Это позволяет оценивать состояние окружающей среды, выявлять источники загрязнения и принимать меры для их устранения. В промышленности AFS-анализаторы применяются для контроля содержания вредных элементов в выбросах промышленных предприятий, таких, как металлургические и химические заводы, что способствует соблюдению экологических норм и стандартов.

Экономические показатели

Высокая надежность и долговечность AFS-анализаторов снижают эксплуатационные расходы, включая затраты на техническое обслуживание и калибровку.

Экологические и эксплуатационные показатели

AFS анализаторы обеспечивают высокую чувствительность и точность измерений, что позволяет своевременно выявлять даже низкие концентрации загрязняющих веществ.

Эффект от внедрения

Внедрение AFS-анализаторов обеспечивает значительные преимущества в различных областях. Данные приборы позволяют своевременно и точно выявлять концентрации тяжелых металлов и других элементов, что способствует улучшению экологического мониторинга и снижению загрязнения окружающей среды. В промышленности их применение помогает соблюдать экологические нормы, снижать риски штрафов и санкций, и оптимизировать производственные процессы.

5.1.2.8. Ионная масс-спектрометрия (IMS)

Техническое описание

Ионная мобильностная спектрометрия (IMS) – это аналитический метод, используемый для обнаружения и идентификации химических веществ на основе их движения через газовую среду под воздействием электрического поля. IMS-анализаторы находят широкое применение в экологическом мониторинге благодаря своей высокой чувствительности и способности обнаруживать следовые количества загрязняющих веществ в воздухе, воде и почве.

Основные компоненты IMS-анализаторов включают источник ионизации, который используется для превращения молекул анализируемого вещества в ионы. В зависимости от типа анализируемого вещества и применения используются различные источники ионизации, такие, как радиоактивные источники (например, никель-63),

фото-ионизация, коронный разряд или лазерная десорбция ионизации. В реакционной камере происходит взаимодействие молекул с реагентными ионами, что приводит к образованию ионов анализируемого вещества, которые затем вводятся в дрейфовую трубку. Основной компонент IMS-анализатора – дрейфовая трубка, где происходит разделение ионов на основе их подвижности в газовой среде под воздействием электрического поля. Электрическое поле прикладывается вдоль дрейфовой трубки, заставляя ионы двигаться к детектору, который регистрирует ионы по мере их прибытия в конце трубки.

В экологическом мониторинге IMS-анализаторы используются для контроля загрязняющих веществ в воздухе, воде и почве, включая летучие органические соединения и токсичные химикаты. Применение IMS-анализаторов позволяет своевременно выявлять источники загрязнений и принимать меры для их устранения, что способствует улучшению качества окружающей среды и защите здоровья населения. Примеры веществ, которые измеряются с помощью IMS-анализаторов, включают взрывчатые вещества, наркотики, химические агенты, летучие органические соединения и биомаркеры. В целом, IMS-анализаторы представляют собой мощный и универсальный инструмент для обнаружения и идентификации широкого спектра химических веществ, обеспечивая высокую чувствительность, специфичность и быстрое время отклика, что делает их незаменимыми в экологическом мониторинге.

Достигнутые экологические выгоды

Внедрение IMS-анализаторов в экологический мониторинг позволяет своевременно выявлять и контролировать загрязняющие вещества, такие как летучие органические соединения и токсичные химикаты, в воздухе, воде и почве.

Общее потребление первичной энергии

IMS-анализаторы потребляют относительно небольшое количество первичной энергии благодаря использованию энергоэффективных компонентов, таких, как источники ионизации и детекторы. Современные модели анализаторов оптимизированы для минимизации энергозатрат при сохранении высокой чувствительности и быстроты отклика, что делает их экономически выгодными и экологически устойчивыми [31].

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Этот метод позволяет оперативно выявлять наличие токсичных химикатов и летучих органических соединений, таких, как бензол, толуол и ксилол, что способствует улучшению контроля состояния окружающей среды и своевременному принятию мер по устранению загрязнений.

IMS анализаторы широко применяются в экологическом мониторинге для контроля загрязняющих веществ в различных средах. IMS анализаторы используются для

анализа воздуха, воды и почвы, позволяя обнаруживать следовые количества токсичных веществ и летучих органических соединений. Компактность и портативность IMS-анализаторов делают их удобными для использования в полевых условиях и мобильных лабораториях, что особенно важно для оперативного мониторинга в удаленных и труднодоступных районах.

Экономические показатели

IMS-анализаторы характеризуются низкими эксплуатационными расходами и высокой экономической эффективностью. IMS анализаторы использование позволяет снизить затраты на экологический мониторинг за счет минимальных требований к техническому обслуживанию и длительного срока службы компонентов. Высокая точность и быстрота анализа и способствуют снижению затрат на ликвидацию последствий загрязнения и соблюдение экологических нормативов.

Эффект от внедрения

Внедрение IMS-анализаторов обеспечивает значительные экологические и экономические выгоды. IMS анализаторы помогают своевременно выявлять и устранять источники загрязнения, способствуют улучшению качества окружающей среды и защите здоровья населения. В промышленности использование IMS-анализаторов позволяет соблюдать экологические нормы, минимизировать риски штрафов и санкций, и оптимизировать процессы контроля выбросов.

5.1.2.9. Газовый фильтр корреляции (GFC)

Газо-фильтрационная корреляция (GFC) – это аналитический метод, используемый для измерения концентраций газов в различных средах. Метод основан на использовании газовых фильтров, которые позволяют точно различать спектры поглощения целевых газов, что повышает точность и надежность измерений. GFC-анализаторы используют инфракрасный (ИК) источник света для генерации света в диапазоне длин волн, характерных для целевых газов. Обычно лампы с черным телом или другие ИК-источники.

Фильтрующее колесо содержит несколько газовых фильтров, каждый из которых заполнен высокой концентрацией целевого газа. Фильтры позволяют избирательно пропускать или блокировать свет на определенных длинах волн, соответствующих линиям поглощения целевого газа. Механизм вращения фильтрующего колеса позволяет последовательно помещать каждый фильтр на пути светового луча, что позволяет измерять концентрацию нескольких газов с использованием одного источника и детектора. Ячейка, содержащая газообразный образец, пропускает свет после прохождения через фильтрующее колесо. Газ в образцовой ячейке поглощает свет на определенных длинах волн, что позволяет определить концентрацию. ИК-детектор измеряет интенсивность света после прохождения через образцовую ячейку. Типичные детекторы включают термопары, болометры или фотопроводящие детекторы. Сигнал с детектора преобразуется в цифровой формат и обрабатывается

микропроцессором. Микропроцессор анализирует данные, используя разницу в интенсивности света, прошедшего через газовый фильтр и образец, для расчета концентрации целевого газа.

GFC-анализаторы обеспечивают высокую точность и чувствительность благодаря использованию газовых фильтров, которые позволяют минимизировать помехи от других газов и фонового излучения. Газовые фильтры позволяют избирательно измерять концентрации целевых газов, что повышает надежность результатов и снижает влияние мешающих веществ. GFC-анализаторы позволяют использовать для непрерывного мониторинга концентраций газов в реальном времени, и для промышленных и экологических приложений. Возможность использования нескольких фильтров позволяет одновременно измерять концентрации нескольких газов с использованием одного прибора.

Достигнутые экологические выгоды

Внедрение GFC-анализаторов позволяет существенно улучшить мониторинг и контроль выбросов вредных газов, таких, как SOx, NOx и аммиак. Внедрение GFC-анализаторов способствует снижению уровня загрязнения воздуха, улучшению качества окружающей среды и защите здоровья населения.

Общее потребление первичной энергии

GFC-анализаторы потребляют умеренное количество первичной энергии, основное энергопотребление связано с работой инфракрасного источника света и механизмом вращения фильтрующего колеса. Современные модели разработаны с учетом энергоэффективности, что позволяет минимизировать энергозатраты при сохранении высокой точности и надежности измерений.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

С помощью GFC-анализаторов, определяют SOx (SO2), NOx (NO, NO2), оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO2), метан (CH4), NH3 (NH3), сероводород (H2S), хлороводород (HCl) и фтороводород (HF). GFC-анализаторы представляют собой мощные и универсальные инструменты для точного и надежного измерения концентраций газов, обеспечивая высокую чувствительность, специфичность и простоту эксплуатации.

GFC-анализаторы находят широкое применение в различных областях. В промышленном мониторинге они используются для контроля выбросов газов на нефтеперерабатывающих заводах, химических заводах и электростанциях. В экологическом мониторинге GFC-анализаторы помогают отслеживать качество воздуха и контролировать загрязнения в городской и сельской местности.

Экономические показатели

GFC-анализаторы характеризуются высокой экономической эффективностью благодаря низким эксплуатационным расходам и длительному сроку службы. Минимальное техническое обслуживание и имеют относительно низкую стоимость эксплуатации.

Эффект от внедрения

Внедрение GFC-анализаторов обеспечивает значительные экологические и экономические выгоды. GFC-анализаторы помогают своевременно выявлять и устранять источники загрязнения.

5.1.3. Техники для мониторинга и определения содержания взвешенных твердых частиц

5.1.3.1. Оптический метод

Техническое описание

Оптический метод основан на регистрации поглощенного излучения в результате его взаимодействия с частицами аэрозоля. Оптический метод имеет ряд преимуществ, включая малое время отклика и приемлемую точность, и отсутствие необходимости в ручных операциях.

Недостатки оптического метода. Необходимость чистить оптическую поверхность датчиков требует регулярного обслуживания. Для точной работы датчиков требуется жесткое крепление, и калибровка в зависимости от размера взвешенных частиц. Примеси воды в отходящих газах сильно поглощают излучение, поэтому температура отходящих газов должна быть выше точки росы, чтобы избежать ошибок в измерениях. Еще одним недостатком является уменьшение точности измерений при низких концентрациях (0...10 мг/м^3).

Оптические анализаторы выполняются в различных модификаций, включая однолучевые и двухлучевые системы, что позволяет выбирать наиболее подходящий метод для конкретных условий эксплуатации.

Вариант исполнения двухлучевого оптического лазера для измерения концентрации взвешенных частиц представлен на рисунке 5.15.

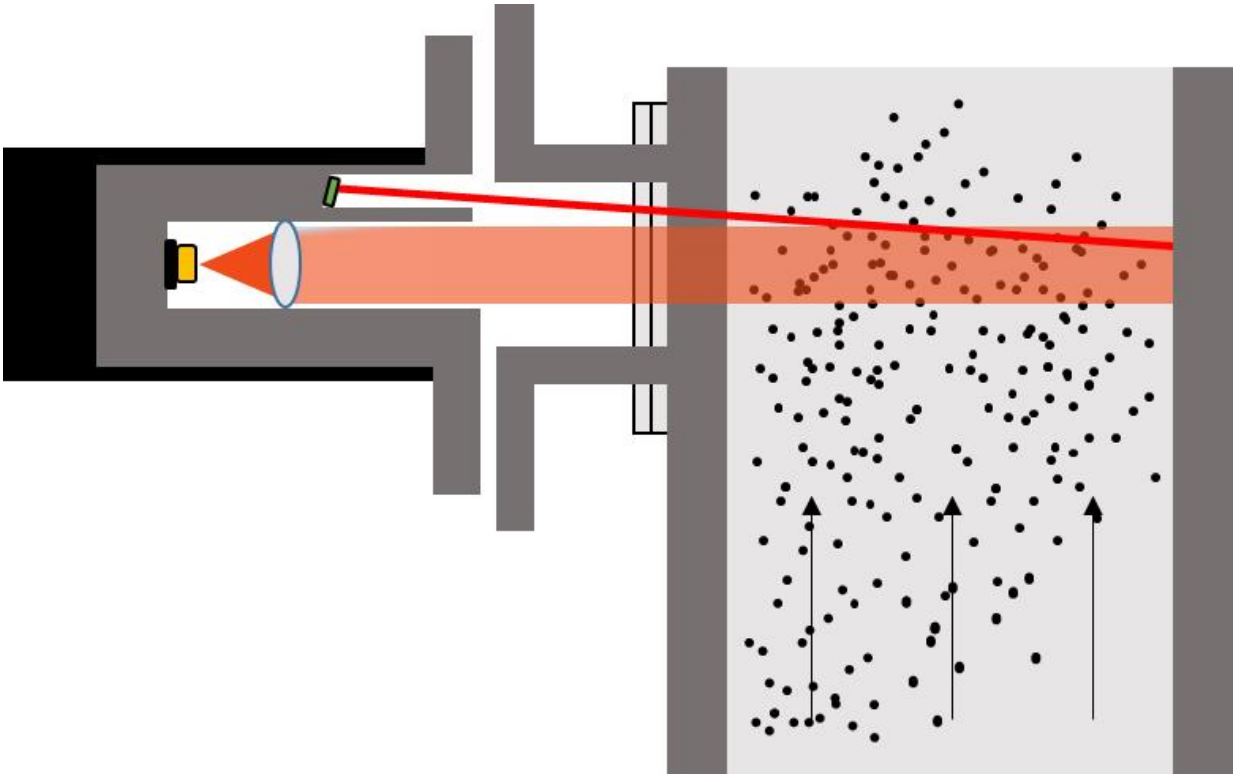


Рисунок 5.15. Оптический метод измерения взвешенных частиц.

Оптические анализаторы пыли (пылемеры) позволяют в режиме реального времени измерять концентрации общей пыли, частиц PM10, PM2.5. В АСМ контроля загрязняющих веществ в промышленных выбросах этот метод получил наиболее широкое распространение, поскольку обеспечивает сочетание быстродействия с приемлемой точностью измерений и не предполагает ручных операций. Технически прибор измеряет счетную концентрацию частиц аэрозоля в воздухе, а расчет массовой концентрации проводится на основе заложенных в программу моделей распределения массы частиц в зависимости от размера и калибровочных зависимостей. Для калибровки прибора используется гравиметрический метод с импактором, позволяющий достигать высокой точности измерений.

Конструкция оптических пылемеров, основанная на измерении поглощения излучения, аналогична конструкции неэкстрактивного газоаналитического ИК. Для газоаналитического ИК, возможны два альтернативных технических решения, предусматривающие однолучевую или двухлучевую схему. В двухлучевой схеме излучатель и детектор размещаются в одном блоке одного газохода, а с другой стороны газохода помещается отражатель излучения. Данная конструкция позволяет повысить точность и чувствительность анализатора. Разновидностью двухлучевой схемы является схема, при которой источники излучения и детектор размещены на концах жесткой трубки, средняя часть которой снабжена прорезями для доступа газовой среды , содержащей взвешенные частицы. Наличие дополнительного препятствия на пути

газопылевого потока нарушает газодинамический режим и привести к неконтролируемым процессам сепарации и осаждения взвешенных частиц, что влияет на достоверность результатов измерений.

Большинство оптических пылемеров оборудованы системами автоматической установки нуля и расчета значений массовой концентрации взвешенных частиц на основании калибровочных измерений. Оптические пылемеры, основанные на измерениях поглощения излучения, имеют ряд ограничений, основными из которых являются:

уменьшение точности измерений при низких концентрациях взвешенных частиц (в диапазоне от 0 до 10 мг/м^3), поскольку в этом случае минимальный путь прохождения излучения внутри газохода должен составлять не менее 5 м, а дрейф нулевого сигнала при этом сопоставим с полезным сигналом;

системы чувствительны к наличию загрязнений поверхности оптических элементов, поэтому должен быть предусмотрен их обдув чистым газом (воздухом);

однолучевые системы критически чувствительны к нарушениям юстировки оптической схемы;

результат калибровки систем зависит от свойств взвешенных частиц, таких, как показатель преломления, цвет, геометрические параметры (размер и форма) и т.д., вследствие чего после калибровки необходимо вводить специальный калибровочный коэффициент, учитывающий особенности реальной газопылевой среды;

к примесям в отходящих газах, влияющим на результат измерений, относится вода в виде частиц аэрозоля, которая сильно поглощает излучение, поэтому температура отходящих газов должна быть выше точки росы.

В АСМ используется вариант оптического определения содержания взвешенных частиц, который основан на регистрации изменений интенсивности излучения при прохождении через прибор взвешенных частиц (сцинтилляции). Для получения отклика детектора, пропорционального изменениям концентрации частиц (полезного сигнала), используется отношение флуктуаций принимаемого излучения к его средней интенсивности. К достоинствам анализаторов, в которых используется данный метод измерений, относятся устранение негативного влияния загрязнений оптических элементов, нестабильность источника загрязнения и изменение чувствительности детектора.

К методу измерений поглощения излучения является метод измерений излучения, рассеянного в различных направлениях по отношению к падающему лучу. Метод измерений излучения, рассеянного в различных направлениях по отношению к падающему лучу позволяет измерять более низкие концентрации взвешенных частиц, чем при применении метода поглощения излучения. В анализаторах регистрируется интенсивность рассеянного излучения, которая зависит от угла регистрации, размеров частиц, их показателя преломления и формы, а также от длины волны изначального

излучения. Варьированием данных параметров можно подобрать условия для оптимальных результатов определения взвешенных частиц для конкретных источников выбросов.

Достигнутые экологические выгоды

Использование оптических методов для измерения концентраций аэрозольных частиц в выбросах способствует значительному снижению загрязнения воздуха. Использование оптических методов для измерения концентраций аэрозольных частиц в выбросах позволяет предприятиям оперативно реагировать на превышение допустимых уровней загрязнителей, что приводит к улучшению качества воздуха и снижению воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

Общее потребление первичной энергии

Оптические методы требуют минимального потребления первичной энергии для проведения измерений. Оптические анализаторы работают на основе регистрации поглощенного излучения, что делает их энергоэффективными и экономичными в эксплуатации.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Оптические анализаторы обеспечивают высокую точность и малое время отклика, что делает их надежными инструментами для мониторинга выбросов. Для поддержания точности измерений требуется регулярная чистка оптической поверхности датчиков и калибровка в зависимости от размера взвешенных частиц. Температура отходящих газов обеспечивается выше точки росы, чтобы избежать поглощения излучения примесями воды и снижения точности измерений при низких концентрациях.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Оптические методы применимы в различных промышленных установках, включая энергетические, химические, металлургические и другие отрасли. Оптические методы используются для постоянного и периодического мониторинга выбросов и поверок, обеспечивая высокую точность и малое время отклика.

Экономические показатели

Экономическая эффективность оптических методов обусловлена энергоэффективностью и минимальными требованиями к ручным операциям. Несмотря на необходимость регулярной чистки и калибровки датчиков, затраты на обслуживание оптических анализаторов сравнительно невысоки, что делает их выгодным решением для контроля выбросов.

Эффект от внедрения

Внедрение оптических методов измерения позволяет предприятиям улучшить экологический контроль и соответствовать нормативным требованиям.

5.1.3.2. Трибоэлектрический метод

Техническое описание

Неоптические методы определения содержания взвешенных частиц, основанные на регистрации электрического заряда, возникающего на заземленном электроде в результате соударений с ним взвешенных частиц (трибоэлектрический метод). Существуют различные технические решения, реализующие метод с регистрацией постоянного или переменного тока (электродинамический анализатор). Величина индуцированного электрического сигнала пропорциональна количеству соударений электрода с взвешенными частицами и концентрации взвешенных частиц.

Преимуществом метода является относится высокая чувствительность, позволяющая измерять концентрации взвешенных частиц ниже 0,1 мг/м³, что предопределяет его преимущественное использование для контроля специализированных систем очистки газов от взвешенных частиц. Трибоэлектрические устройства обладают низкой надежностью и неудовлетворительными метрологическими характеристиками, во многом проигрывающими характеристикам оптических пылемеров.

К недостатку пылемеров без отбора проб относится то, что приборы регистрируют содержание всех дисперсных частиц, в том числе капель влаги, которая может содержаться в отходящих газах при температуре ниже точки росы. При необходимости получения результатов измерений содержания твердых частиц используются экстрактивные системы с отбором пробы. В подобных системах осуществляют периодический автоматизированный отбор проб газопылевой среды с последующим определением содержания твердых дисперсных частиц.

В качестве примера конструкцию экстрактивного пылемера с определением содержания твердых взвешенных частиц по изменению интенсивности В-излучения. Частицы через пробоотборный зонд отбираются на фильтр, который периодически меняется, после чего попадают в камеру для измерений поглощения В-излучения, прошедшего через образец. Преимуществом метода заключается в том, что результат измерений практически не зависит от природы и морфологии взвешенных частиц.

Дополнительным примером реализации экстрактивного пылемера является конструкция, в которой предусмотрена внешняя камера оптического анализатора. Проба газопылевой среды после извлечения с помощью пробоотборного зонда подается в нагревательную камеру для испарения влаги, находящейся в конденсированном состоянии, после чего попадает во внешнюю камеру, в которой происходит измерение рассеянного на взвешенных частицах излучения.

Достигнутые экологические выгоды

Использование неоптических методов - трибоэлектрический метод и экстрактивные системы для определения содержания взвешенных частиц, позволяет эффективно контролировать и снижать выбросы твердых частиц в атмосферу.

Общее потребление первичной энергии

Неоптические методы измерения содержания взвешенных частиц, такие, как трибоэлектрические устройства и экстрактивные системы, требуют минимального потребления первичной энергии. Трибоэлектрический метод в основном основан на регистрации электрического заряда или поглощении/рассеивании излучения, что делает их энергоэффективными в эксплуатации.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Трибоэлектрические анализаторы могут измерять концентрации взвешенных частиц ниже 0,1 мг/м³, что важно для специализированных систем очистки газов. Использование неоптических методов имеют низкую надежность и неудовлетворительные метрологические характеристики по сравнению с оптическими пылемерами. Экстрактивные системы обеспечивают более стабильные и достоверные результаты, так как результат измерений практически не зависит от природы и морфологии частиц.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Использование неоптических методов применимы в различных промышленных установках, таких, как энергетические, химические и металлургические предприятия, где необходимо точное и непрерывное измерение выбросов твердых частиц. Методы используются как для постоянного мониторинга, так и для периодических проверок, обеспечивая высокую точность и чувствительность измерений.

Экономические показатели

Экономическая эффективность неоптических методов измерения определяется их высокой чувствительностью и минимальными затратами на эксплуатацию. Однако трибоэлектрические устройства потребуют частого обслуживания и калибровки из-за своей низкой надежности. Экстрактивные системы, несмотря на более высокие первоначальные затраты на оборудование, обеспечивают более стабильные и точные результаты, что может снизить общие эксплуатационные расходы в долгосрочной перспективе.

Эффект от внедрения

Внедрение неоптических методов измерения содержания взвешенных частиц позволяет предприятиям улучшить экологический контроль и соответствовать нормативным требованиям.

5.1.4. Техники для мониторинга и определения параметров отходящих газов

5.1.4.1. Ультразвуковые методы определения скорости потока газа

Техническое описание

Ультразвуковой метод измерения основан на передаче ультразвуковых импульсов в диапазоне 50 кГц вверх и вниз по течению потока. Ультразвуковой метод измерения

особенно полезен для измерения скорости газа и массового расхода в дымовых и вентиляционных трубах, что критически важно для эффективного контроля за выбросами вредных веществ.

Принцип работы ультразвукового метода заключается в измерении времени прохождения ультразвуковых волн между двумя точками. Ультразвуковые сигналы передаются в обе стороны между двумя датчиками, установленными на противоположных сторонах трубы или канала. Время прохождения ультразвукового сигнала изменяется в зависимости от скорости потока газа в трубе: ультразвуковая волна, движущаяся по направлению потока, будет перемещаться быстрее, чем волна, движущаяся против потока.

Ультразвуковые датчики точно измеряют скорость потока газа, что необходимо для расчета объемного расхода. Сочетание данных о скорости газа и плотности, которую можно измерить или рассчитать на основе температуры и давления, и точно определять массовый расход газа. Интегрированные ультразвуковые системы часто включают датчики температуры и давления для более точных расчетов.

Основные преимущества ультразвуковых методов включают отсутствие необходимости в прямом контакте с газом, что делает их идеальными для коррозионных или высокотемпературных сред. Ультразвуковые методы обеспечивают высокую точность и надежность измерений, а также минимизируют необходимость в регулярном техническом обслуживании благодаря отсутствию движущихся частей и прямого контакта с газом.

Ультразвуковой метод измерения имеет свои ограничения. Изменения в температуре и давлении могут влиять на точность измерений, требуя корректировки или калибровки. Наличие твердых частиц или капель жидкости в газе может искажать сигналы, что создает сложности при использовании в многофазных потоках. Точность метода высока, а диапазон измерений составляет от 0,1 до 40 м/с. Пыль не взаимодействует с измерительными элементами, что позволяет эффективно работать в кислотных и запыленных средах. Метод также хорошо работает при изменениях скорости потока [28].

Для установки приборов требуется монтаж с двух сторон трубы на разных высотах, с оптимальным углом от 30˚ до 60˚, предпочтительно 45˚. Существуют ограничения по диаметру трубы: на угольных станциях с трубами длиной 150 м и площадью сечения 15 м ультразвука может не хватить для пробивания потока. Высокое содержание CO_2 также влияет на измерения. Оптимальный диаметр трубы составляет 8 – 9 м, при больших диаметрах возникают проблемы с настройкой и риски проблем с сигналом.

Поскольку прибор является системой с внутренним размещением, он не подвержен проблемам коррозии и загрязнения частицами, которые влияют на зонды с вставкой в

стек. Однако частицы могут загрязнять преобразователи, хотя очистительный воздух может быть направлен через них или по ним для их очистки. Высокие температуры влияют на преобразователи, но очистительный воздух позволяет их охладить.

Схема монтирования приборов для измерения скорости потока отходящих газов методом ультразвука представлена на рисунке ниже.

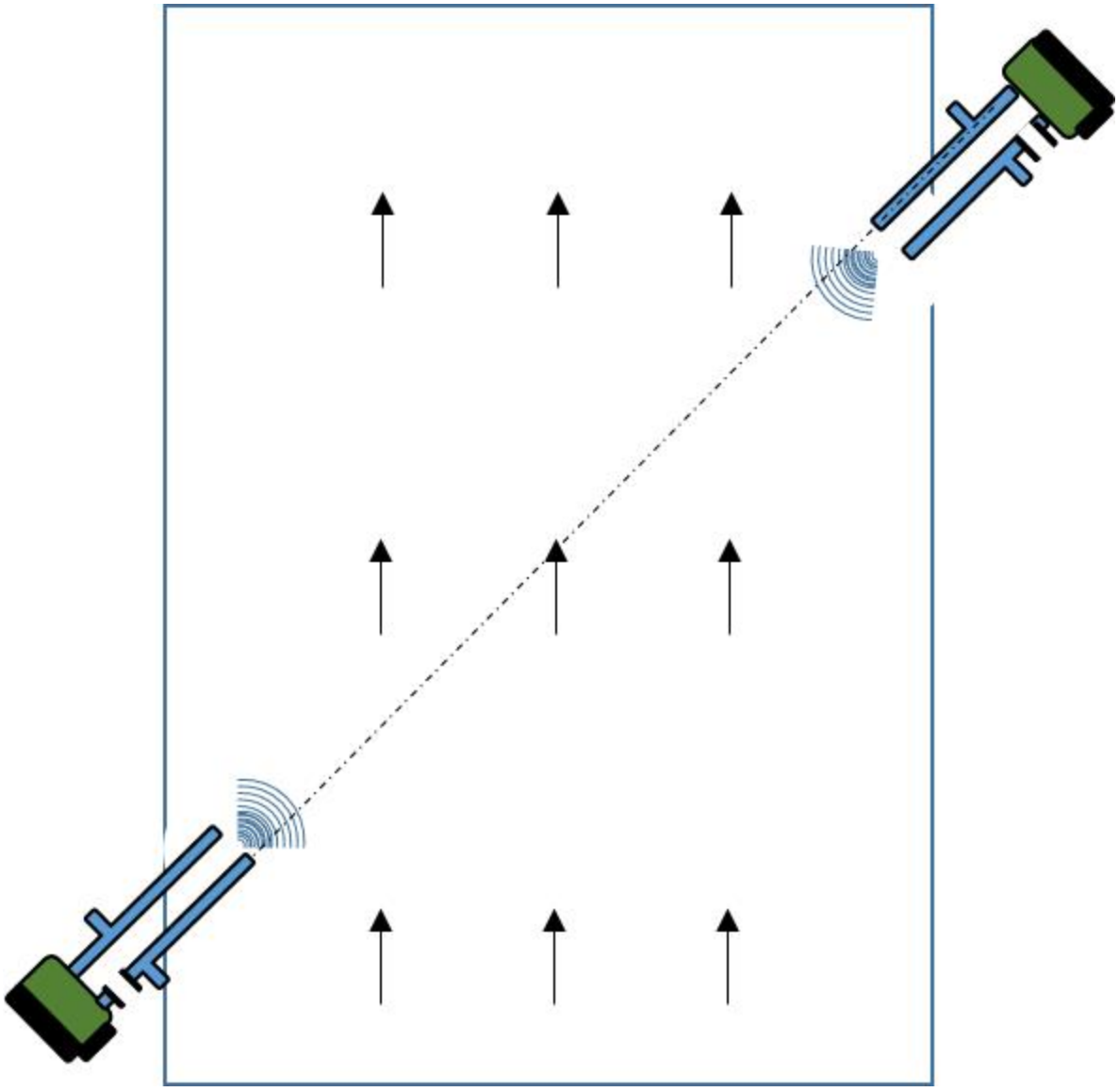


Рисунок 5.16. Применение ультразвука для непрерывного мониторинга в отходящих газах.

Достигнутые экологические выгоды

Использование ультразвуковых методов измерения скорости и массового расхода газа в дымовых и вентиляционных трубах способствует значительному снижению выбросов вредных веществ в атмосферу. Точные и надежные измерения позволяют предприятиям оперативно контролировать и регулировать выбросы, что улучшает

качество воздуха и снижает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения.

Общее потребление первичной энергии

Ультразвуковые методы измерения потребляют относительно небольшое количество энергии. Основной энергоемкий компонент — это ультразвуковые преобразователи, которые потребляют минимальную энергию для генерации и регистрации ультразвуковых импульсов. Ультразвуковые системы являются энергоэффективными и не требуют значительных затрат на энергоресурсы.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Ультразвуковые методы обеспечивают высокую точность и надежность измерений, минимизируя влияние внешних факторов. Данные системы имеют широкий диапазон измерений (0,1 – 40 м/с) и хорошо работают в сложных условиях, таких, как кислотные и запыленные среды. При правильной установке и регулярной калибровке ультразвуковые методы демонстрируют стабильные эксплуатационные данные и низкие эксплуатационные затраты благодаря отсутствию движущихся частей [28].

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Ультразвуковые методы применимы в различных промышленных установках, включая энергетические, химические, металлургические и другие отрасли промышленности. Ультразвуковые методы используются как для постоянного мониторинга, так и для периодических проверок, обеспечивая высокую точность и чувствительность измерений. Особенно полезны данные методы для измерения скорости газа и массового расхода в дымовых и вентиляционных трубах.

Экономические показатели

Экономическая эффективность ультразвуковых методов обусловлена высокой точностью и надежностью, и низкими эксплуатационными затратами. Отсутствие необходимости в частом обслуживании и замене компонентов снижает затраты на эксплуатацию.

Эффект от внедрения

Внедрение ультразвуковых методов измерения скорости и массового расхода газа позволяет предприятиям улучшить экологический контроль и соответствовать нормативным требованиям.

5.1.4.2. Перепад давления (трубка Пито)

Техническое описание

Трубка Пито широко применяется для непрерывных измерений выбросов вредных веществ в промышленных условиях, особенно для определения скорости и объема воздушного потока в дымовых трубах и вытяжных системах. техника обычно изготавливается из металла и имеет форму Т-образного, L-образного или S-образного

трубчатого устройства. Один конец трубки направлен прямо в поток для измерения полного давления, в то время как боковые отверстия на трубке служат для измерения статического давления.

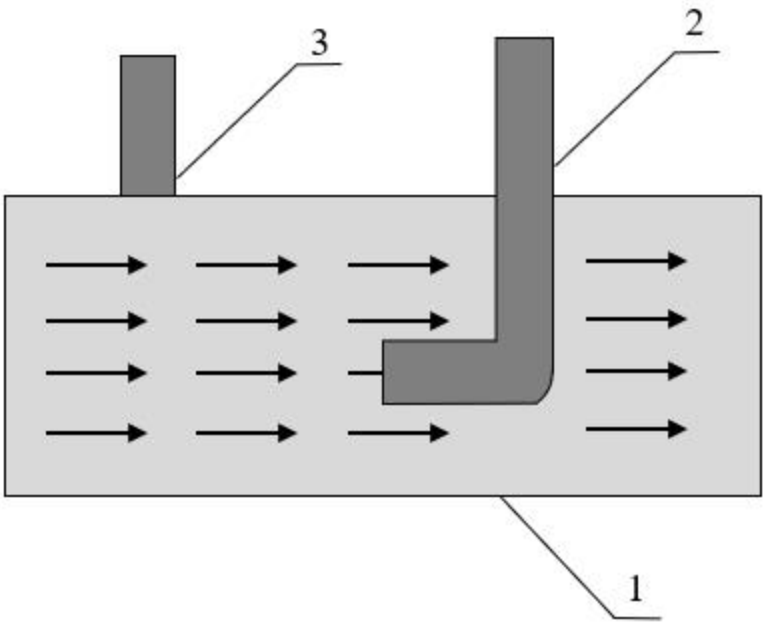
Принцип работы трубки Пито заключается в использовании двух концентрических трубок. Внешняя трубка имеет отверстия по бокам для измерения статического давления газа, а внутренняя трубка открыта с конца и направлена против потока для измерения полного давления потока. Разница между полным давлением (включающим динамическое давление потока) и статическим давлением позволяет вычислить скорость потока на основе уравнения Бернулли. Динамическое давление создается в результате движения газа и измеряется как разница между полным и статическим давлением. Разница давлений, известная как давление Рама, пропорциональна квадрату скорости потока воздуха или газа.

Трубка Пито применяется для определения скорости воздуха в дымовых трубах, что критически важно для расчета объемных и массовых потоков выбросов. техника также используется для контроля и оптимизации работы промышленных вентиляционных систем, особенно в условиях, где важно поддерживать определенные параметры воздушного потока.

Основными преимуществами трубки Пито являются простота и надежность. техника имеет простую конструкцию без движущихся частей, что обеспечивает ее долговечность и надежность в промышленных условиях. При правильном использовании и калибровке трубка Пито обеспечивает высокую точность измерения скорости потоков.

Трубка Пито имеет свои ограничения. Измерения могут быть искажены при значительных изменениях температуры или давления, и влияют на плотность газа. Трубка Пито менее эффективна в средах с высоким содержанием частиц или капель жидкости и ее точность снижается при низких скоростях потока (ниже 3 м/с). В запыленных средах с липкими субстанциями, такими, как смолы и масла, трубки могут забиваться. Трубка Пито не подходит для труб диаметром более 10 м, так как в этом случае будут измеряться только пристеночные явления.

Схема монтирования трубки Пито для непрерывных измерений отходящих газов представлена на рисунке ниже.



1 – газоход, 2 – трубка Пито, 3 – отбор низкого давления.

Рисунок 5.17. Схема "Трубка Пито".

Достигнутые экологические выгоды

Использование трубки Пито для измерения скорости и объема воздушного потока в дымовых трубах и вентиляционных системах способствует точному контролю выбросов вредных веществ. Точные измерения скорости и объема выбросов представляют предприятиям принимать своевременные меры по снижению загрязнения воздуха, что улучшает экологическую обстановку и снижает негативное воздействие на здоровье населения и окружающую среду.

Общее потребление первичной энергии

Трубка Пито не требует значительных энергозатрат для своей работы. Основное энергопотребление связано с датчиками и системами обработки данных, которые потребляют минимальное количество энергии. Таким образом, трубка Пито является энергоэффективным решением для мониторинга воздушных потоков в промышленных условиях.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Трубка Пито обеспечивает высокую точность и надежность измерений при правильной установке и калибровке. техника проста в эксплуатации и не имеет движущихся частей, что минимизирует вероятность поломок и снижает потребность в техническом обслуживании. Измерения могут быть искажены при значительных изменениях температуры или давления, что требует учета данных факторов при эксплуатации.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Трубка Пито широко применяется в различных промышленных установках для мониторинга воздушных потоков в дымовых трубах и вентиляционных системах. техника подходит для использования в энергетической, химической, металлургической и других отраслях промышленности. Трубка Пито не рекомендуется для использования в средах с высоким содержанием твердых частиц или жидкостей, а также в трубах диаметром более 10 м.

Экономические показатели

Трубка Пито является экономически выгодным решением. Отсутствие движущихся частей и минимальные требования к техническому обслуживанию снижают затраты на эксплуатацию и обслуживание оборудования. Первоначальные затраты на установку и калибровку трубки Пито относительно невысоки, и доступны для большинства промышленных предприятий.

Эффект от внедрения

Внедрение трубки Пито позволяет предприятиям улучшить контроль за выбросами вредных веществ, что способствует соблюдению экологических норм и требований.

5.1.4.3. Измерение скорости потока и расхода

Техническое описание

Корреляционный метод измерения потока газа имеет несколько ключевых преимуществ. Корреляционный метод измерения не ограничен количеством прямых участков до и после врезки, что позволяет использовать его в различных конфигурациях трубопроводов. Корреляционный метод измерения не имеет ограничений по диаметру труб. Прибор контролирует неоднородность потока на датчиках А и В и измеряет скорость газа по разнице времени фиксирования пучка между данными датчиками. Корреляционные расходомеры рекомендуются для использования на угольных станциях.

Ограничения корреляционного метода измерения. Плохо измеряет при температуре ниже 70 ˚С. В Казахстане часто используют эмульгаторы (водная пленка) для улавливания пыли, что резко снижает температуру потока до 55 ˚С, что находится на нижней границе рабочего диапазона прибора. Температура и давление приводятся к нормальным условиям, а влажность замеряется и приводится к сухому значению. Датчики устанавливаются друг над другом для более точного контроля.

Инструменты времени пролета фиксируют изменения в дымовых газах, когда газы поднимаются по трубе. Данные изменения касаться показателя преломления, инфракрасного излучения или распределения частиц. Инструменты времени пролета, подобно ультразвуковым приборам, не имеют компонентов внутри трубы и не содержат движущихся частей. Данные методы могут использоваться как на больших трубах, так и на малых воздуховодах. Частицы могут загрязнять линзы передатчика и

детектора, поэтому обычно необходима очистка воздухом для установленных на трубах устройств.

Ниже на рисунке 5.18 представлено измерение скорости расхода и потока корреляционным методом.

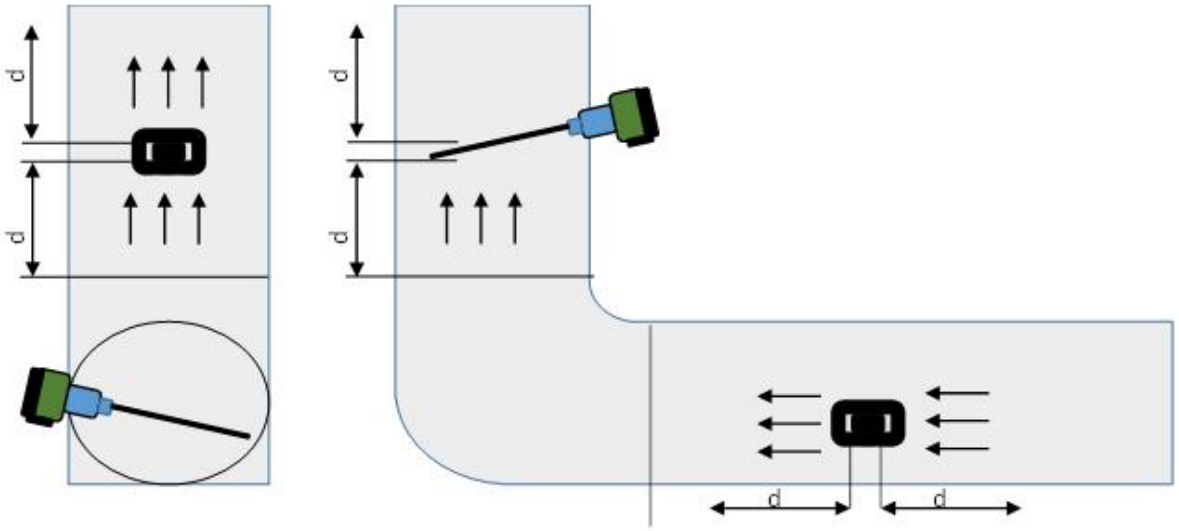


Рисунок 5.18. Измерение скорости потока и расхода корреляционным методом.

Достигнутые экологические выгоды

Корреляционный метод измерения потока газа, и инструменты времени пролета способствуют точному и эффективному контролю за выбросами вредных веществ в атмосферу. Корреляционный метод измерения позволяет предприятиям своевременно обнаруживать и регулировать превышение допустимых уровней загрязняющих веществ , что улучшает качество воздуха и снижает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения.

Общее потребление первичной энергии

Корреляционные расходомеры и инструменты времени пролета не требуют значительных затрат на первичную энергию. Приборы работают на основе регистрации времени пролета сигналов и изменения показателей излучения, что не требует больших энергетических ресурсов. Это делает их энергоэффективными решениями для промышленного применения.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Корреляционные методы и инструменты времени пролета обеспечивают высокую точность и надежность измерений, не имея движущихся частей и компонентов внутри трубы. Корреляционные методы и инструменты используются в широком диапазоне условий, от малых воздуховодов до больших труб и не требуют дополнительных измерений температуры и давления. Однако при низких температурах (ниже 70 ˚C) точность измерений может снижаться, что требует особого внимания в таких условиях.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Корреляционные методы применимы в различных промышленных установках, включая энергетические, химические и металлургические предприятия. Корреляционные методы и инструменты используются как на больших трубах, так и на малых воздуховодах, что делает данный метод универсальным для мониторинга потока газа. Корреляционные расходомеры особенно рекомендуются для угольных станций.

Экономические показатели

Корреляционные методы и инструменты времени пролета являются экономически эффективными решениями и надежностью, а также низким эксплуатационным затратам. Отсутствие движущихся частей и минимальные требования к техническому обслуживанию снижают затраты на эксплуатацию и обслуживание оборудования.

Эффект от внедрения

Внедрение корреляционных методов измерения потока газа и инструментов времени пролета позволяет предприятиям улучшить экологический контроль и соответствовать нормативным требованиям.

5.1.4.4. ИК-кросс-корреляция турбулентности

Техническое описание

ИК-кросс-корреляция используется для непрерывного мониторинга выбросов вредных газов на предприятиях, позволяя оперативно оценивать изменения в составе и количестве выбросов. Основные компоненты системы включают инфракрасные детекторы, оптическую систему и электронику обработки сигналов. Инфракрасные детекторы чувствительны к излучению, которое излучают или поглощают газы при определенных волновых длинах. Каждый газ имеет уникальный спектр поглощения, что позволяет идентифицировать его присутствие и концентрацию.

Оптическая система состоит из источников ИК-излучения (лазеры или ИК-лампы) и оптических компонентов (линзы и зеркала, которые направляют и фокусируют излучение через измеряемый газовый поток). Электроника обработки сигналов принимает данные от детекторов и обрабатывает их для вычисления скорости потока, концентрации газов и иных параметров.

Принцип работы системы основан на излучении и поглощении. Источник ИК-излучения направляет свет через поток газа. В зависимости от состава газа определенные длины волн поглощаются и данное поглощение измеряется детекторами, расположенными на разных расстояниях вдоль потока. Один из ключевых аспектов кросс-корреляционного метода – измерение времени, за которое изменения в составе газа (например, всплеск концентрации определенного вещества) достигают каждого из детекторов. По скорости распространения данных изменений о скорости и характере турбулентности потока. Сигналы, полученные от всех детекторов, анализируются на предмет временной корреляции.

ИК-кросс-корреляционный метод имеет несколько преимуществ. Высокая чувствительность и точность детекторов обеспечивают точное определение концентраций газов и возможность детектирования малых изменений в составе потока. Метод позволяет проводить измерения в реальном времени, что критически важно для контроля производственных процессов и соблюдения экологических норм.

Однако, метод имеет и свои ограничения. Точность измерений может снижаться под воздействием внешних факторов, таких, как температура и влажность [29]. Кросс-корреляционный анализ требует точной настройки оборудования и продвинутых методов анализа данных, что может усложнить его использование и обслуживание.

Достигнутые экологические выгоды

Использование ИК-кросс-корреляционного метода для мониторинга выбросов вредных газов на предприятиях позволяет оперативно и точно оценивать изменения в составе и количестве выбросов. Это способствует своевременному принятию мер по снижению уровня загрязняющих веществ в атмосфере, улучшая качество воздуха и снижая негативное воздействие на здоровье людей и окружающую среду. Высокая чувствительность и точность метода позволяют предприятиям более эффективно контролировать свои выбросы, что способствует соблюдению экологических норм и стандартов.

Общее потребление первичной энергии

ИК-кросс-корреляционные системы не требуют значительных затрат на первичную энергию. Основные энергозатраты связаны с работой инфракрасных детекторов, источников излучения и систем обработки сигналов. Данные компоненты потребляют минимальное количество энергии, что делает ИК-кросс-корреляционные системы энергоэффективными и экономичными в эксплуатации.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

ИК-кросс-корреляционные системы обеспечивают высокую точность и чувствительность при определении концентраций газов. ИК-кросс-корреляционные системы позволяют проводить непрерывные и быстрые измерения в реальном времени, что важно для контроля производственных процессов. Точность измерений может снижаться под воздействием внешних факторов, таких, как температура и влажность, что требует регулярной калибровки и настройки оборудования.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

ИК-кросс-корреляционные методы широко применимы в различных промышленных установках, включая химические, энергетические и металлургические предприятия. ИК-кросс-корреляционные системы используются для непрерывного

мониторинга выбросов вредных газов в трубах и воздуховодах различного диаметра и конфигурации. Метод подходит для широкого спектра условий эксплуатации и обеспечивает точные и надежные результаты в реальном времени.

Экономические показатели

ИК-кросс-корреляционные системы являются экономически эффективными решениями по своей высокой точности и надежности, а также низким эксплуатационным затратам. Первоначальные затраты на установку и настройку системы могут быть высокими, но они компенсируются долгосрочной экономией на техническом обслуживании и калибровке. Отсутствие необходимости в частом обслуживании снижает эксплуатационные расходы, что делает данные системы выгодными для промышленных предприятий.

Эффект от внедрения

Внедрение ИК-кросс-корреляционных систем позволяет предприятиям значительно улучшить экологический контроль и соответствие нормативным требованиям.

5.1.4.5. Тепловой массовый расход

Техническое описание

Тепловые массовые расходомеры основаны на передаче тепла от нагретого тела к текущему газу. Когда газ проходит мимо нагретого элемента, нагретый элемент отводит тепло, охлаждая тело. Чем больше поток газа, тем сильнее его охлаждение. Тепловые массовые расходомеры требуют наличия двух датчиков: один нагревается на 24 – 38 °C выше температуры дымовых газов, а второй измеряет текущую температуру газа. Данный метод не подходит для применения, где присутствуют капли воды, поскольку теплопотери из-за испарения водяных капель может привести к завышению показателей расхода.

Тепловые датчики могут быть объединены в массивы для измерения средней скорости потока через поперечное сечение воздуховода или трубы. Каждый датчик производит независимое измерение, возможно мониторить распределение потока газа по всему поперечному сечению. Особенно полезно в воздуховодах, где поток может быть сильно стратифицирован. Капитальные затраты на такие массивы увеличиваются с увеличением размера воздуховода, так как потребуется больше датчиков и более мощная поддержка конструкций.

Тепловой массовый расходомер используется для непрерывного мониторинга выбросов вредных веществ, предоставляя точные данные о массовом расходе газов в процессах выброса. Тепловой массовый расходомер полезен в промышленных условиях, где необходимо контролировать и регулировать выбросы в атмосферу для соблюдения экологических стандартов и оптимизации процессов.

Принцип работы теплового массового расходомера заключается в использовании охлаждения нагретого элемента (часто это платиновая проволока или термистор) для

измерения массового расхода газа. Существует два основных типа тепловых массовых расходомеров:

1. Расходомеры с постоянной температурой. Одна нагревательная проволока поддерживается на постоянной температуре, которая выше температуры газа. Скорость потери тепла с этой проволоки измеряется и используется для определения массового расхода газа.

2. Расходомеры с постоянным потоком тепла. В этом случае тепло подводится к элементу с постоянной скоростью. Разница температур между нагретым элементом и газом используется для вычисления массового расхода.

Преимущества. Не зависит от физических свойств газа: в отличие от объемных расходомеров, тепловые массовые расходомеры не зависят от температуры и давления среды, что делает их идеальными для использования в различных условиях.

Высокая точность и повторяемость: тепловые массовые расходомеры обеспечивают высокую точность измерений, что критически важно для мониторинга выбросов.

Прямое измерение массового расхода: данные устройства измеряют массовый расход непосредственно, не требуя дополнительных преобразований или коррекций.

Ограничения: чувствительность к составу газа: хотя тепловые массовые расходомеры относительно нечувствительны к температуре и давлению, они могут быть чувствительны к химическому составу газа.

Необходимость калибровки: для обеспечения точности необходимо регулярно проводить калибровку устройств.

Тепловые массовые расходомеры являются эффективными инструментами для мониторинга выбросов вредных газов на предприятиях, предоставляя точные и надежные данные для соблюдения экологических стандартов и оптимизации производственных процессов.

Достигнутые экологические выгоды

Использование тепловых массовых расходомеров для мониторинга выбросов вредных веществ на предприятиях способствует значительному улучшению экологической обстановки. Тепловой массовый расходомер предоставляет точные данные о массовом расходе газов, позволяя предприятиям контролировать и регулировать выбросы в атмосферу. Способствует снижению уровня загрязнения воздуха, что положительно влияет на здоровье населения и состояние окружающей среды.

Общее потребление первичной энергии

Тепловые массовые расходомеры не требуют значительных затрат на первичную энергию. Основные энергозатраты связаны с поддержанием нагретого элемента на заданной температуре и работой систем обработки сигналов. Тепловые массовые расходомеры являются энергоэффективными и не требуют больших ресурсов для своей работы.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Тепловые массовые расходомеры обеспечивают высокую точность и повторяемость измерений, что критически важно для мониторинга выбросов. Тепловые массовые расходомеры не зависят от температуры и давления среды, что делает их надежными в различных условиях эксплуатации. Тепловые массовые расходомеры чувствительны к составу газа, поэтому для обеспечения точности необходимо регулярно проводить калибровку устройств.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Тепловые массовые расходомеры широко применяются в различных промышленных условиях для мониторинга выбросов газов. Тепловые массовые расходомеры подходят для использования в энергетике, химической промышленности, металлургии и других отраслях. Тепловые массовые расходомеры особенно полезны в воздуховодах и трубах, где важно контролировать распределение потока газа по поперечному сечению.

Экономические показатели

Тепловые массовые расходомеры являются экономически выгодными решениями благодаря своей высокой точности и надежности. Первоначальные затраты на установку и настройку могут быть значительными, но они компенсируются долгосрочной экономией на техническом обслуживании и калибровке. Кроме того, объединение нескольких датчиков в массивы позволяет оптимизировать затраты на мониторинг больших воздуховодов и труб.

Эффект от внедрения

Внедрение тепловых массовых расходомеров на предприятиях позволяет значительно улучшить контроль за выбросами вредных веществ, что способствует соблюдению экологических норм и стандартов.

5.2. Автоматический мониторинг и контроль качества выбросов в атмосферный воздух

На предприятиях промышленности, представляющих основные сектора экономики Республики Казахстан (добыча и переработка нефти и газа, нефтегазохимия, металлургия, добыча угля и другие), значительный вклад в общий объем выбросов в атмосферу составляют различные загрязняющие вещества: оксид и диоксид углерода, твердые частицы, SOx, окислы азота, метан и иные вещества.

Производство тепловой и электрической энергии (технологические печи, котельные агрегаты, газотурбинные установки и установки каталитического крекинга) в рамках технологической цепочки данных предприятий играет ключевую роль в образовании

выбросов. Более 40 % выбросов связаны с производством энергии. Значительный вклад в общие выбросы вносят факельные установки (нефтегазовая промышленность) и установки по производству/извлечению серы.

В атмосферу попадает большое количество твердых частиц при замене катализаторов и эксплуатации установок коксования.

Таблица 5.4. Основные загрязняющие вещества и их источники

№ п/п	Загрязняющее вещество	Источник загрязнения
1	CO NOx SOx	Технологические печи, бойлеры, котельные агрегаты, регенераторы установок каталитического крекинга, установки прокалки нефтяного кокса, факельные системы, установки извлечения/ производства серы, печи дожига отходящих газов
2	Твердые вещества/пыль	Технологические печи (особенно при использовании жидкого топлива), котельные агрегаты, регенераторы установок каталитического крекинга, установки получения нефтяного кокса
3	Летучие органические соединения (углеводороды предельные C1-C5 (исключая метан), углеводороды C6-C10, метан) – нефтегазовая промышленность	Установки первичной и вторичной переработки нефти, объекты хранения углеводородов, газофракционирующие установки, системы сепарации нефтепродукты/вода, (неорганизованные источники – запорная арматура, фланцы и другое)

Система мониторинга должна быть непрерывно активной, за исключением случаев плановых или аварийных отключений. В случае остановки средств измерений или технологического оборудования должно быть обеспечено сохранение результатов измерений с регистрацией времени и даты остановки и возобновления работы средства измерений.

5.2.1. Автоматический мониторинг и контроль качества выбросов в атмосферный воздух на границе области воздействия

Техническое описание

Автоматический контроль выбросов качества атмосферного воздуха на границе области воздействия представляет собой систему мониторинга, которая непрерывно и автоматически анализирует состав атмосферного воздуха на границе или вблизи границы зоны воздействия промышленных или других источников выбросов.

Граница области воздействия на атмосферный воздух объекта определяется как проекция замкнутой линии на местности, ограничивающая область, за границей которого соблюдаются установленные экологические нормативы качества и/или целевые показатели качества окружающей среды с учетом индивидуального вклада объекта в общую нагрузку на атмосферный воздух [32].

С целью получения информации о качестве атмосферного воздуха и оценки возможного влияния на него производственной деятельности промышленных предприятий, осуществляется мониторинг за состоянием атмосферного воздуха в пределах границ области воздействия.

Установка автоматизированной системы мониторинга выбросов производится на основных стационарных постах организованных источниках выбросов.

Стационарный пост – это специальный павильон, оснащенный оборудованием и приборами для отбора и анализа проб воздуха и определения метеорологических параметров: направления и скорости ветра, температуры и влажности воздуха, атмосферного давления [30].

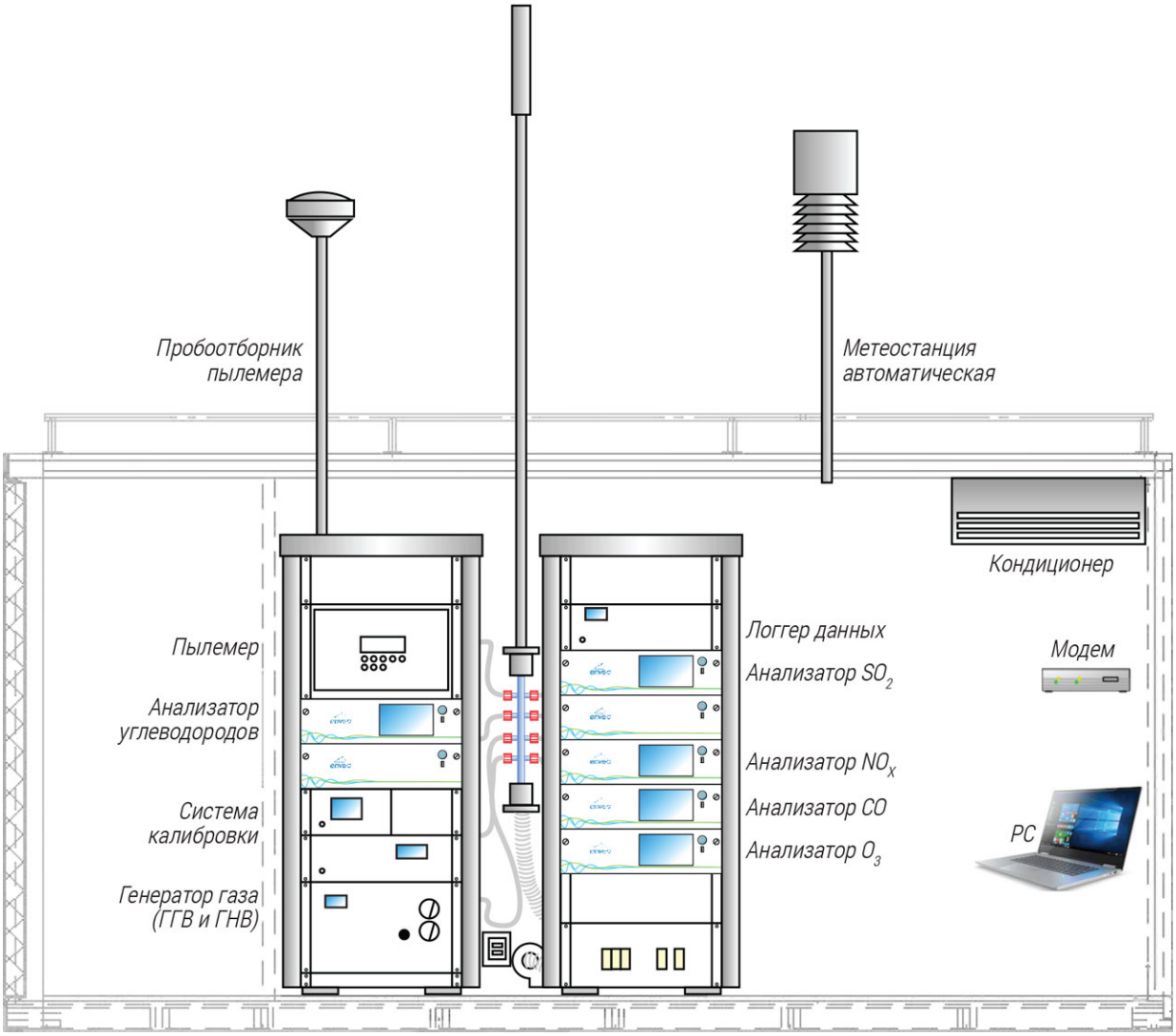


Рисунок 5.19. Технологическая схема стационарного поста.

Достигнутые экологические выгоды

Автоматический контроль выбросов качества атмосферного воздуха обладает потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Потенциальными выгодами является предотвращение утечек оксидов углерода, оксида азота, летучих органических соединений, твердых частиц на промышленных объектах [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды.

Применимость

Стационарные посты мониторинга используется для мониторинга оксидов углерода , оксида азота, летучих органических соединений, твердых частиц.

Экономика

Цена за стационарный пост варьируется от типов загрязняющих веществ, по которым производится мониторинг, и площади мониторинга.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания оксидов углерода, оксида азота, летучих органических соединений, твердых частиц на территории промышленных объектов

Примеры внедрения

Объекты тяжелой промышленности в странах ОЭСР, Индии и Китайской Народной Республики.

5.2.2. Технические решения для непрерывного мониторинга качества атмосферного воздуха

5.2.2.1. Оптические методы

5.2.2.1.1 Недисперсионный ультрафиолетовый анализатор (НДФУ)

Техническое описание

Характеристики света в ультрафиолетовой (УФ) области спектра (более короткая длина волны, более высокая энергия) приводят к молекулярным электронным переходам при поглощении света. Поглощение ультрафиолетовых фотонов возбуждает электроны атомов внутри молекулы до более высокого энергетического состояния. Возбужденные электроны быстро теряют энергию, возвращаясь к основному состоянию одним из четырех методов: диссоциация, когда поглощение

высокоэнергетических фотонов может вызвать выход электрона из молекулы полностью, приводя к ее фрагментации; реэмиссия, когда идентичный фотон реэмитируется и электрон распадается обратно в основное состояние; флуоресценция, когда фотон излучается на более низкой частоте, чем исходное поглощение, поскольку электрон распадается обратно в основное состояние, что приводит к тому, что газ кажется светящимся. Анализаторы, спроектированные для работы в области УФ, обычно используют технику дифференциального поглощения. Анализаторы, предназначенные для измерения SO2, измеряют поглощение УФ-света на длине волны в полосе поглощения SO2, центрированной на 285 нм. Затем это сравнивается с поглощением в области длины волны 578 нм, где нет поглощения SO2. Аппаратура дифференциального поглощения НДУФ доказала свою высокую надежность в приложениях мониторинга источников и измеряет как NO, так и NO2 одновременно без необходимости в преобразователе NOX [30].

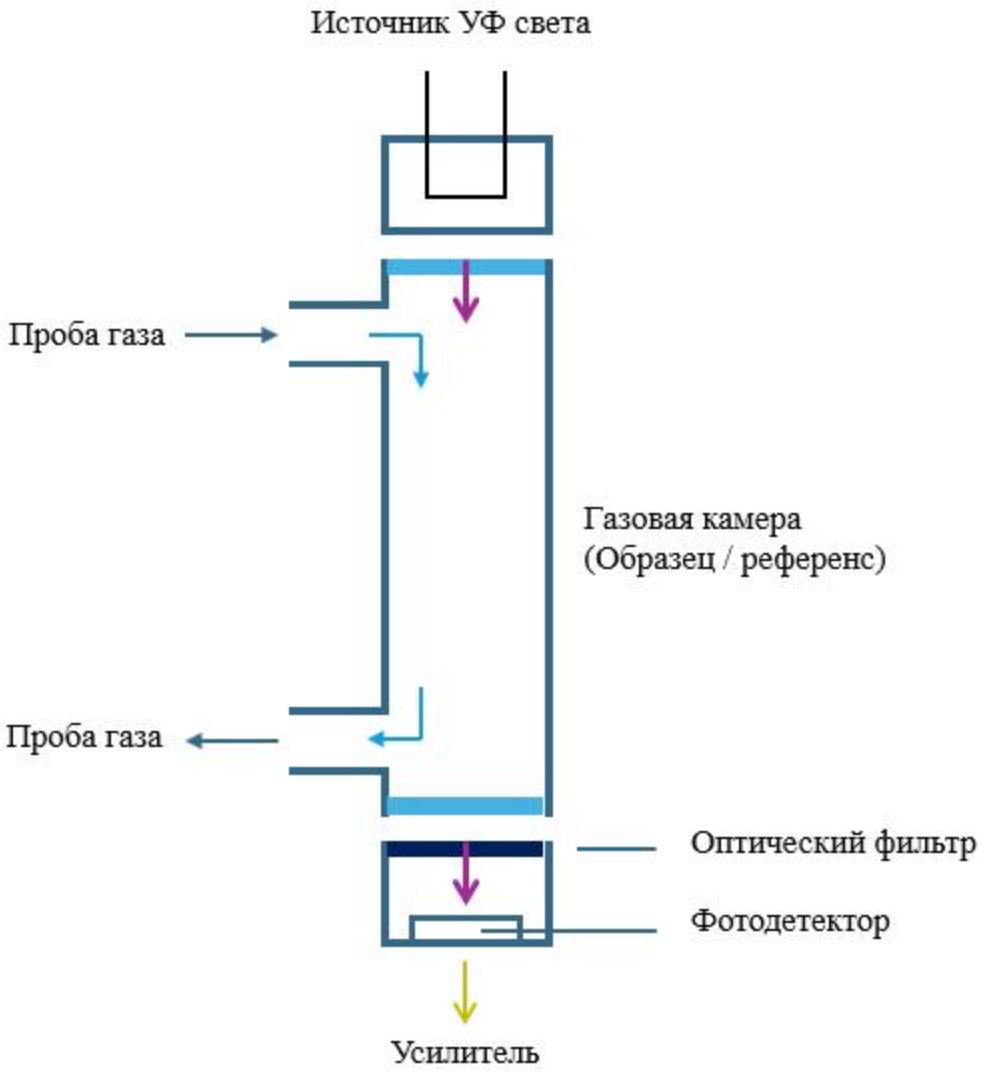


Рисунок 5.20. Технологическая схема недисперсионного ультрафиолетового анализатора.

Достигнутые экологические выгоды

Ультрафиолетовый анализатор обладает потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Потенциальными выгодами является предотвращение утечек SO2, NOX на промышленных объектах, с высоким содержанием SO2 в продукции [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды.

Применимость

Данный тип анализаторов используется для мониторинга SO2, NOX.

Экономика

Стоимость данных анализаторов зависит от типа выбранной комплектации, от 22 600 долларов США (по ценам на 2024 г.), без учета доставки и установки. В стоимость не входит системы сбора и обработки информации – процессор и сервер.

Эффект от внедрения

Данный тип анализаторов, отличается высоким уровнем чувствительности к малым концентрациям SO2, NOX газов, выявляя утечки на ранней стадии. Вместе с тем, в связи с высокой ценой и необходимостью комбинирования с другими типами анализаторов, для обеспечения мониторинга выбросов разнообразных газов данный тип анализаторов рекомендуется применять на промышленных объектах, где сохраняется высокий риск выброса SO2 [31].

Примеры внедрения

Объекты нефтехимии, преимущественно в странах Северной Америки и Китайской Народной Республики.

5.2.2.1.2. Оптическая сцинтилляция

Техническое описание

Оптическая сцинтилляция использует световой источник и удаленный приемник, который измеряет количество принятого света. Монитор оптического мерцания использует широкий световой луч, без фокусирующих линз и приемник измеряет модуляцию частоты света из-за движения частиц через световой луч, а не затухание света.

Высокоэнергетические частицы (например, гамма-лучи, альфа-частицы, бета-частицы) или фотоны попадают в сцинтиллятор, они передают свою энергию атомам или молекулам сцинтилляционного материала (кристаллы (например, NaI(Tl), CsI(Tl), жидкие сцинтилляторы, пластиковые сцинтилляторы).

Энергия, поглощенная сцинтиллятором, вызывает возбуждение молекул материала, переводя их на более высокий энергетический уровень.

Возбужденные молекулы возвращаются в свое основное состояние, испуская избыточную энергию в виде фотонов видимого или ультрафиолетового света. Излучаемый свет называется сцинтилляционным излучением.

Сцинтилляционное излучение затем обнаруживается с помощью фотомультипликаторов, фотодиодов или других светочувствительных устройств, преобразовывающих световые сигналы в электрические.

Частицы в газовом потоке могут временно перекрывать световой луч и вызывать изменение амплитуды принятого света (мерцание). Чем больше концентрация частиц в газовом потоке, тем больше изменение амплитуды сигнала света, получаемого приемником. Монитор оптического мерцания подлежит поверке на ручные гравиметрические измерения на конкретном источнике, на котором он установлен. Незначительное улучшение по сравнению с непрозрачностью, поскольку монитор оптического мерцания снижает нулевую и масштабную дрейфовую чувствительность с помощью модулированного света для устранения эффектов рассеянного или окружающего света. Передатчик и приемник расположены на противоположных сторонах воздушного канала; следовательно, этот прибор измеряет концентрацию твердых частиц в поперечном сечении. Ответ прибора увеличивается с увеличением концентрации твердых частиц и может быть сопоставлен по сравнению с данными ручной гравиметрии [30].

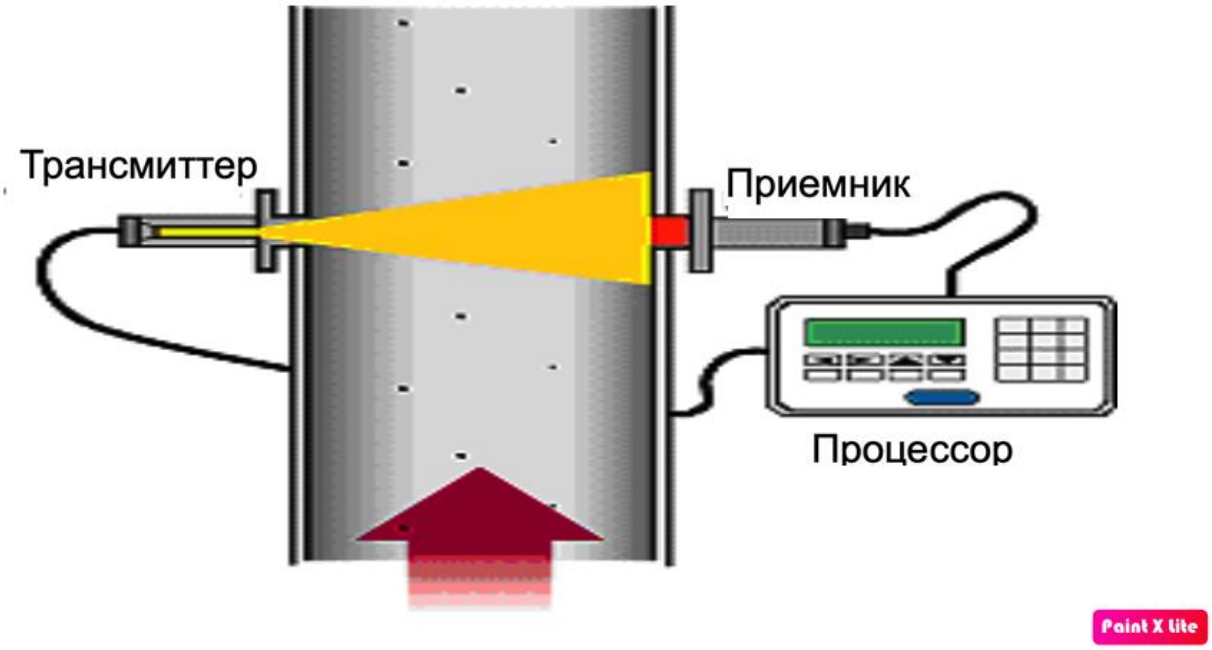


Рисунок 5.21. Технологическая схема работы анализатора.

Достигнутые экологические выгоды

Оптическая сцинтилляция обладает потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг твердых частиц в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды. Возможное побочное измерение вторичных частиц как твердых частиц, в частности жидкокапельных частиц, что может привести к ошибкам в измерении. Калибровка анализатора требуется на ежедневной основе [30].

Применимость

Данный вид анализатор применяется для мониторинга твердых частиц. Применим в нефтехимии, нефтепереработке, угольной промышленности и металлургии [31].

Экономика

Стоимость за единицу – 1900 долларов США на 2024 год. Цена указана без учета доставки и установки на пунктах мониторинга. В стандартную комплектацию входят анализатор и процессор для обработки данных, полученных с измерений.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания твердых частиц на территории промышленных объектов.

Примеры внедрения

Данный метод применяется на объектах (нефтеперерабатывающие заводы) США и Австралии.

5.2.2.2. Хроматографические методы

Техническое описание

Хроматография газов (ХГ) используется для изоляции отдельных компонентов смеси органических и неорганических соединений друг от друга для последующей идентификации и количественного анализа. ХГ основана на селективном распределении соединений между стационарной фазой и подвижной фазой (носителем газа). На первом этапе, в процессе движущаяся газовая фаза проходит через стационарный материал, выбранный для адсорбции органических молекул, содержащихся в образцовом газе, в зависимости от их полярности. Стационарная фаза может быть жидкой или твердой и содержится в длинной тонкой трубке, обычно называемой "колонной". Колонны изготавливаются из слипшихся кремния, стекла или нержавеющей стали.

В идеальной колонне, работающей в идеальных условиях, каждый вид молекул выходит из колонны в разное время в зависимости от молекулярного веса и полярности . Выбор подходящей колонны и ее эксплуатация при соответствующей температуре с подходящей скоростью потока носителя позволит разделить образец газа на его отдельные компоненты.

На втором этапе соединения, разделенные в хроматографической колонне, определяются детекторами с учетом их чувствительности к анализируемому параметру . Детекторы являются составной частью газового хроматографа. Существующие детекторы, используемые для непрерывного мониторинга: детектор теплопроводности, пламенно-ионизационный детектор, фотоионизационный детектор, фотометрический детектор пламени [30].

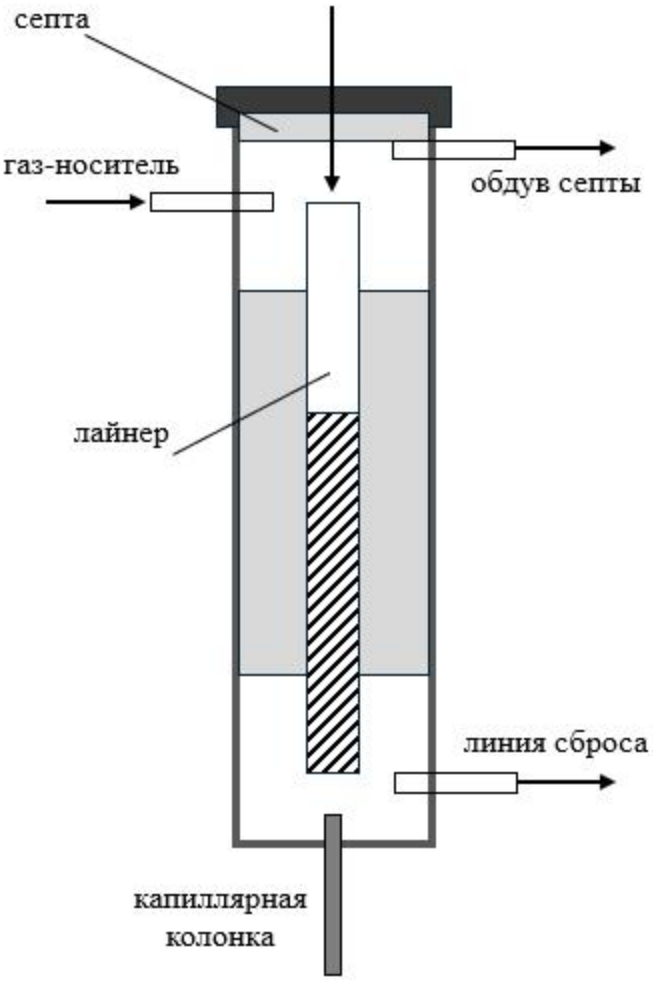


Рисунок 5.22. Технологическая схема газового хроматографа.

Достигнутые экологические выгоды

Хроматография газов обладает потенциальными экологическими выгодами: автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг летучих органических соединений в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды. Анализаторы на основе принципа газовой хроматографии являются сложными и дорогостоящими.

Применимость

Газовая хроматография применяется в мониторинге летучих органических веществ [31].

Экономика

Стоимость за 1 единицу анализатора составляет около 5 млн. теңге (≈10 тысяч долларов США), без учета доставки и установки на пунктах мониторинга. В данную стоимость входят непосредственно колонна и детекторы.

Эффект от внедрения

Данный анализатор позволяет высокоэффективно производить мониторинг концентрации летучих органических соединений, характерных для нефтегазовой промышленности.

Примеры внедрения

Газовые хроматографы широко распространены в странах ОЭСР как стандарт для определения летучих органических соединений в нефтехимии и нефтепереработке.

5.2.2.3. Спектральные методы

Нерассеивающие инфракрасные анализаторы (Non Dispersive Infrared – NDIR)

Техническое описание

Газообразные загрязнители поглощают энергию света в одном или нескольких участках спектра. Оксид азота, оксид углерода, SOx поглощают инфракрасное и ультрафиолетовое излучение. Каждый тип молекул загрязнителя поглощает свет на характерной длине волны, что позволяет отличить от других видов загрязнителей.

Непрерывные мониторы выбросов, использующие данный принцип, применяют закон Бера-Ламберта, который утверждает, что пропускание света (т.е. отношение интенсивностей прошедшего и падающего света) через среду, поглощая свет, уменьшается экспоненциально.

Гетероатомные газовые молекулы, содержащие два или более различных атома в молекуле, проявляют уникальные характеристики поглощения в инфракрасной области спектра. Гомоатомные молекулы, содержащие только один тип атома в молекуле, не создают характерных вибраций при воздействии света в инфракрасной области; поэтому они не могут быть измерены данным методом. Используя этот принцип, допускается создать прибор для измерения концентрации газов загрязнителей. Разработаны недисперсионные фотометрические анализаторы с использованием инфракрасного излучения (NDIR) для мониторинга широкого спектра газов.

Недисперсионные инфракрасные анализаторы используют фильтры или другие методы для измерения поглощения света в относительно небольшом диапазоне длин волн, сосредоточенном на пике поглощения интересующей молекулы. В простом анализаторе NDIR инфракрасный свет излучается из источника, такого, как нагретая катушка или другой тип инфракрасного излучателя. Свет проходит через две газовые камеры: контрольную и образцовую. Контрольная камера содержит газы, такие как азот или аргон, которые не поглощают свет на используемой в приборе длине волны. Образец газа проходит через образцовую камеру прибора. По мере прохождения инфракрасного луча через образцовую камеру молекулы загрязнителя поглощают часть света. В результате, когда свет выходит из конца образцовой камеры, он имеет

меньшую энергию, чем при входе. Свет имеет меньшую энергию, чем свет, выходящий из контрольной камеры. Разница в энергии обнаруживается детектором. Отношение сигналов детектора от двух камер дает пропускание света, которое связано с концентрацией газа-загрязнителя.

Водяной пар сильно поглощает свет в инфракрасной области и должен быть удален из образца перед тем, как газ попадет в анализатор. С целью исключения влияния водяного пара предлагается использование поглощающих камер, расположенных последовательно, как в детекторе кислорода. Анализаторы NDIR сочетаются с измерением кислорода для онлайн-непрерывной коррекции/нормализации для любого разбавителя выбросов, измеряемого системой непрерывной системы мониторинга выбросов [30].

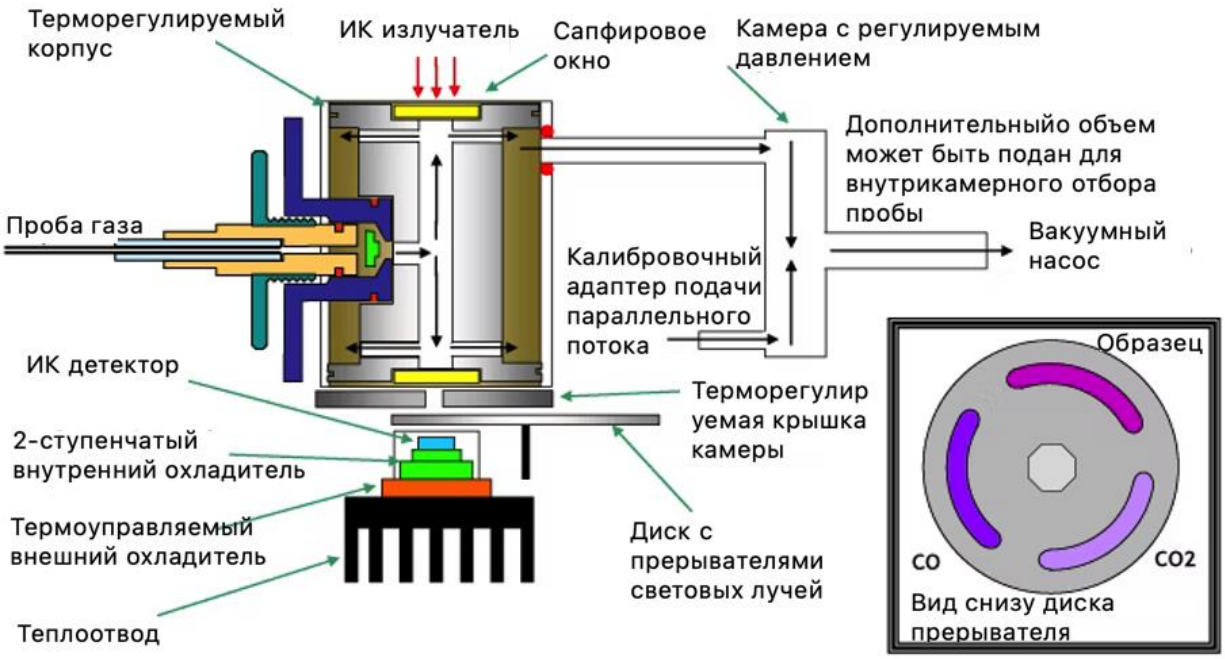


Рисунок 5.23. Технологическая схема нерассеивающего инфракрасного анализатора

.

Достигнутые экологические выгоды

Нерассеивающие инфракрасные анализаторы обладает потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг твердых частиц в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды. Возможна погрешность в измерении, по причине наличия в измеряемом газе других газов, поглощающие свет в том же спектральном диапазоне, могут быть замерены анализатором как измеряемый газ.

Применимость

Данный вид анализаторов применяется в мониторинге оксида, диоксида углерода и оксида азота. В комбинации с недисперсионным ультрафиолетовым анализатором производится мониторинг оксида и диоксида углерода, оксидов азота, оксида серы [31].

Экономика

Стоимость за единицу – 500 долларов США, без учета доставки и установки на пунктах мониторинга. В данную цену не входят процессор для обработки данных и сервер для их хранения.

Эффект от внедрения

Данный анализатор позволяет высокоэффективно производить мониторинг концентрации оксидов углерода и оксида азота.

Примеры внедрения

Данный вид анализаторов широко распространен в нефтегазовой сфере, странах ОЭСР, а также Индии и Китайской Народной Республики.

5.2.2.4. Электрохимические методы

Техническое описание

Для того, чтобы объяснить принцип действия электрохимических сенсоров газа, используется конструкция трехэлектродного сенсора угарного газа. На рисунке 5.24. показаны компоненты сенсора и происходящие в нем процессы. Молекулы CO поступают сквозь газопроницаемую мембрану на рабочий электрод, в результате химической реакции образуются ионы H+. Ионы перемещаются по водному электролиту на электрод сигнальной пластины, где за счет последующей химической реакции, вызванной O2 из поступающего свежего воздуха, во внешней цепи формируется электрический ток. Третий (эталонный) электрод служит для стабилизации сигнала сенсора. Срок службы сенсора этого типа составляет примерно два года [30].

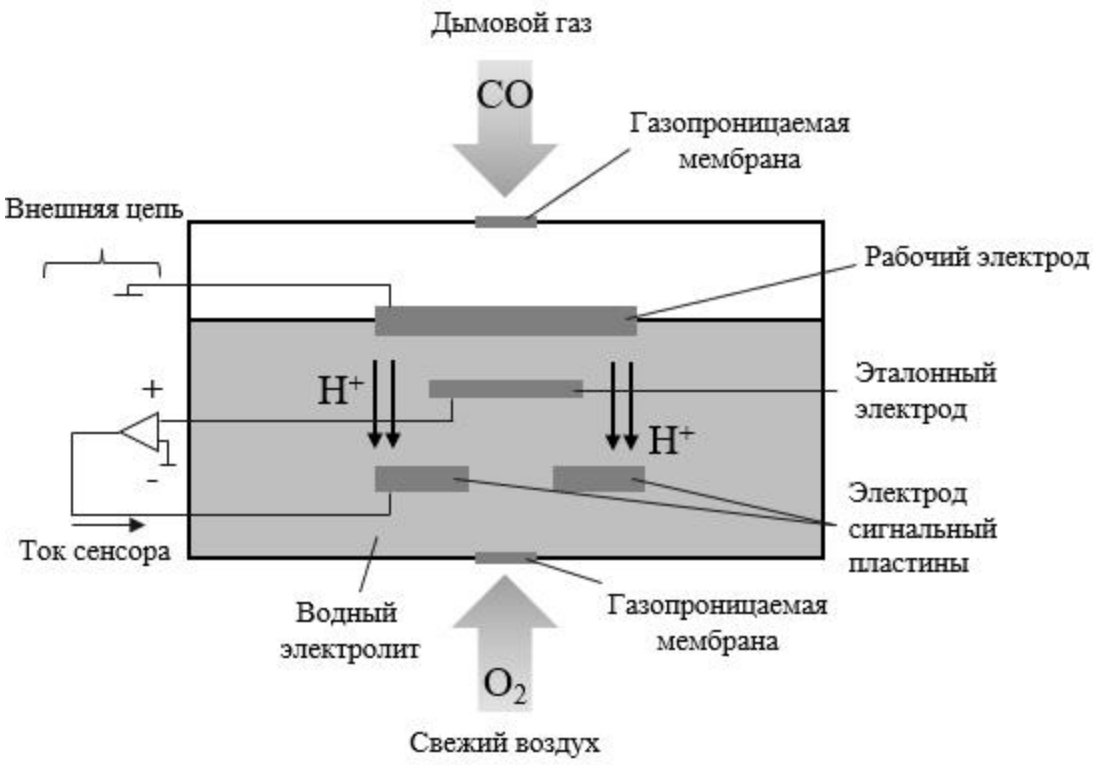


Рисунок 5.24. Технологическая схема электрохимического анализатора.

Достигнутые экологические выгоды

Электрохимические сенсоры газа обладают потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг твердых частиц в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды. Данный вид анализатора требует ежегодной замены электрохимического сенсора.

Применимость

Данный вид анализатора используется для мониторинга оксида и диоксида углерода [31].

Экономика

Стоимость за единицу – 500 долларов США на 2024 год, без учета доставки и установки на пунктах мониторинга. В данную стоимость входят непосредственно колонна и детекторы.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания угарного газа на территории промышленных объектов.

Примеры внедрения

Данный сенсор широко распространен на территории Российской Федерации, где также налажен выпуск данных сенсоров.

5.3. Мониторинг выбросов на факельных установках

Мониторинг выбросов на факельных установках в нефтегазовой сфере является важным аспектом для обеспечения безопасности окружающей среды и соблюдения экологических стандартов. Факельные установки используются для сжигания факельного газа, который выделен при нефтедобыче, переработке нефти и газа, и иных операциях в нефтегазовой промышленности. Мониторинг выбросов на факельных установках осуществляется посредством контроля расхода, плотности и состава газа, направляемого на факел. Для контроля выбросов на факелах определяются следующие показатели:

1) объемный расход газа (м3/час или м3/с);

2) плотность газа (кг/м3);

3) состав (в мольных %) по анализатору следующих газов (в случае выбросов в объеме более 10 тонн в год): H2S, COS, CS2 и меркаптаны [33].

Основные методы мониторинга выбросов на факельных установках включают:

1) оптические расходомеры;

2) ультразвуковые расходомеры. Данные расходомеры различаются по методу измерения:

время-импульсный метод;

фазный метод;

доплеровский метод;

3) термально-массовые расходомеры и иные расходомеры для контроля расхода факельного газа.

5.3.1. Оптические расходомеры для контроля расхода факельных газов

Техническое описание

Оптические расходомеры для контроля расхода факельных газов работают на основе лазерного излучения, которое улавливается фотодетекторами. Для корректной работы этой технологии в газовом потоке должны присутствовать мельчайшие капли, конденсат, смазочные материалы, пыль и другие частицы. Данные частицы рассеивают световой луч и время, затрачиваемое на переход от одного лазерного луча к другому, используется для расчета скорости газа и объемного расхода.

Расходомер состоит из двух основных компонентов: многопроцессорного вычислительного блока настенного или стоечного монтажа и фотодатчика (излучателя и приемника), которые устанавливаются на противоположных сторонах трубопровода (

воздуховода). Излучатель посылает оптический луч перпендикулярно потоку. На приемнике установлены две фотоматрицы на известном расстоянии друг от друга, которые фиксируют теневые пятна в определенных местах матриц и передают соответствующие сигналы в микропроцессорный блок. В блоке электроники происходит цифровая обработка сигналов, идентификация и распознавание образов, а также расчет средней скорости потока на основе корреляции между подобными метками. На выходе блока электроники формируется аналоговый сигнал 4 – 20 мА, соответствующий текущему значению средней скорости потока. Конфигурирование осуществляется с местной клавиатуры или с помощью персонального компьютера. Внизу представлены блоки вычислителя стоечного и настенного монтажа, а также светоизлучатель (передатчик) и оптоприемник.

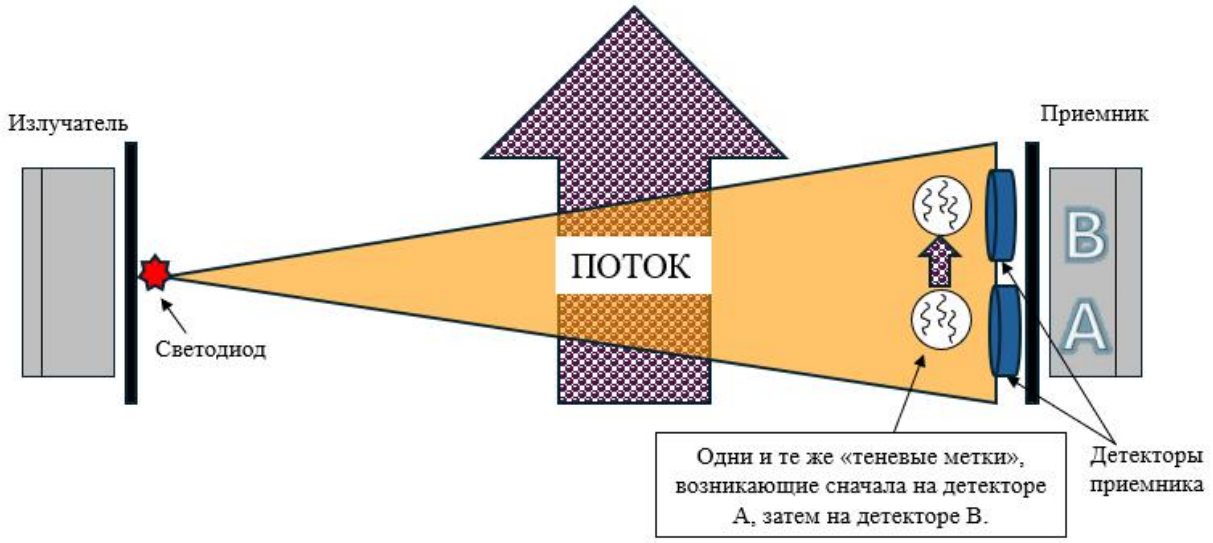


Рисунок 5.25. Технологическая схема оптического расходомера.

Достигнутые экологические выгоды

Оптические расходомеры обладают потенциальными экологическими выгодами, такими как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг углеводородных газовых смесей в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды.

Применимость

Данный тип расходомеров используются для мониторинга твердых частиц в объемном расходе.

Экономика

Стоимость за единицу 1600 долларов США на 2024 год без учета доставки и установки на пунктах мониторинга. В комплектацию входят вычислительный блок (процессор) и фотодатчик.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания углеводородных газовых смесей на территории промышленных объектов.

Примеры внедрения

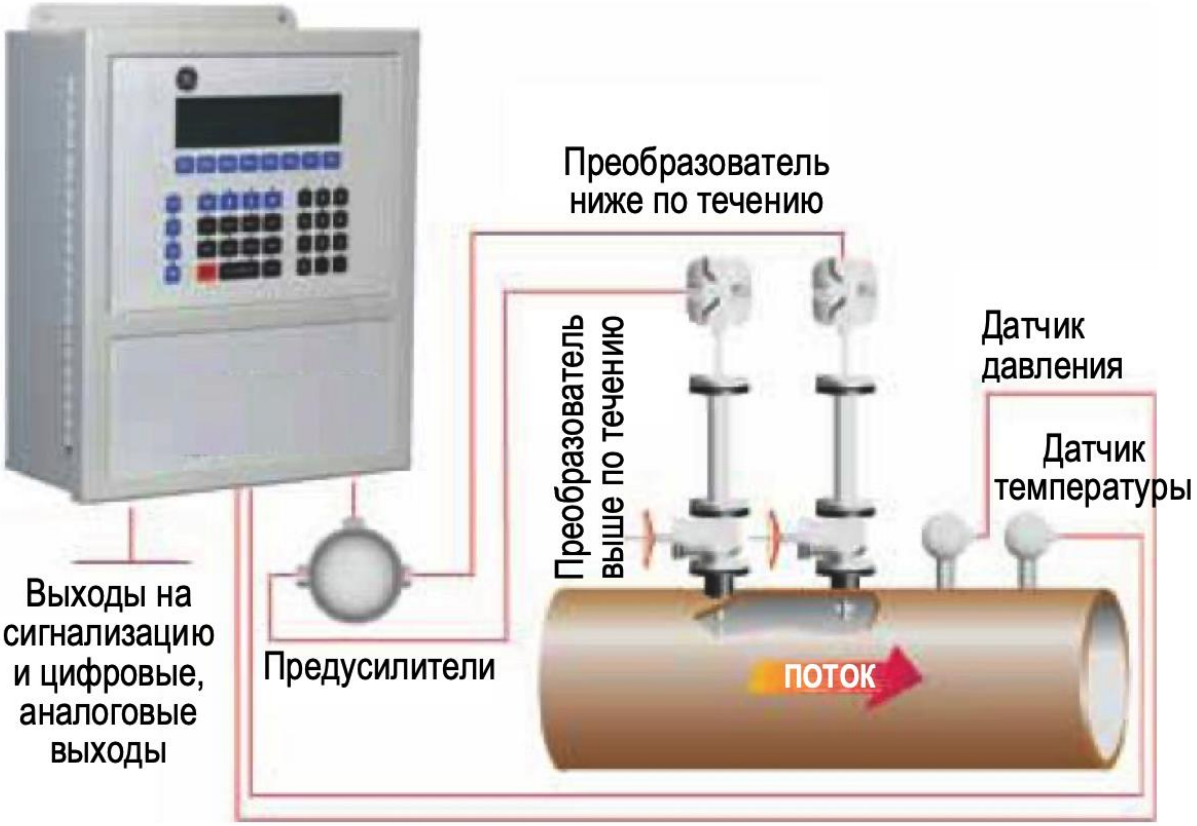
Оптические расходомеры анализаторы применяется на нефтеперерабатывающих заводах и объектах сбора и подготовки нефти в США.

5.3.2 Ультразвуковые расходомеры факельного и попутного газа

5.3.2.1. Ультразвуковые расходомеры факельного и попутного газа на основе время-импульсного метода

Техническое описание

Время-импульсный метод ультразвуковых расходомеров анализирует время прохождения сигналов от источника к приемнику в двух направлениях: по потоку и против него. Время-импульсный метод ультразвуковых расходомеров позволяет учитывать снос звукового сигнала движущимся потоком вещества. Разность времени прохождения сигналов пропорциональна скорости потока. Время прохождения сигнала зависит от температуры, давления и плотности вещества. Зная данные параметры, можно определить расход вещества. Разность времени распространения ультразвукового сигнала в данном случае пропорциональна величине расхода. Ультразвуковые расходомеры время-импульсного метода используются для определения плотности газов через использование преобразователей плотности. Принцип действия преобразователей плотности основан на акустическом методе измерения скорости распространения ультразвуковых волн (скорости звука) в измеряемой среде. Акустический метод измерения скорости распространения ультразвуковых волн достигается путем измерения времени прохождения ультразвукового импульса между приемником и передатчиком, расположенными на фиксированном расстоянии друг от друга. Плотность газа функционально связана с давлением, температурой и скоростью звука в газе при условиях измерений. На основе измеренных значений скорости звука и данных об абсолютном давлении и температуре газа, полученных от внешних преобразователей давления и внешних или встроенных преобразователей температуры, электронный блок преобразователя плотности UDM вычисляет плотность газа при текущих условиях измерений и пересчитывает полученные значения плотности газа к стандартным (нормальным) условиям [30].



Типовая установка прибора для измерения объемного расхода, приведенного к нормальным условиям, или массового расхода углеводородных газов

Рисунок 5.26. Технологическая схема ультразвукового расходомера время-импульсного метода.

Достигнутые экологические выгоды

Акустический метод измерения скорости распространения ультразвуковых волн обладает потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг молекулярного веса углеводородных газовых смесей, сероводорода в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды.

Применимость

Данный вид расходомера производит определение молекулярного веса углеводородных смесей.

Экономика

Стоимость около 2,6 млн. теңге (≈ 5 200 долларов США). В стандартную комплектацию входит: ультразвуковые преобразователи, кабели, цифровой интерфейс (программное обеспечение), датчики температуры и давления. Без учета доставки и установки на пунктах мониторинга.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания углеводородных газовых смесей на территории промышленных объектов.

Примеры внедрения

Данный вид анализаторов применяется на нефтеперерабатывающих заводах и объектах сбора и подготовки нефти США.

5.3.2.2. Ультразвуковые расходомеры факельного и попутного газа на основе фазного метода

Техническое описание

Фазовые расходомеры регистрируют изменение частоты сигнала на приемных пьезоэлементах по итогам составляется соотношение между амплитудой и скоростью, с которой ультразвук проходит в направлении потока. Отдельный график создается для сигналов, проходящих в противоположном направлении. Все замеры проводятся на одном и том же расстоянии. Параметр фазового сдвига отражает изменения соотношения скорости сигналов вдоль потока и против него, напрямую завися от характеристик вещества. Частота в таких расходомерах часто пропорциональна амплитуде [30].

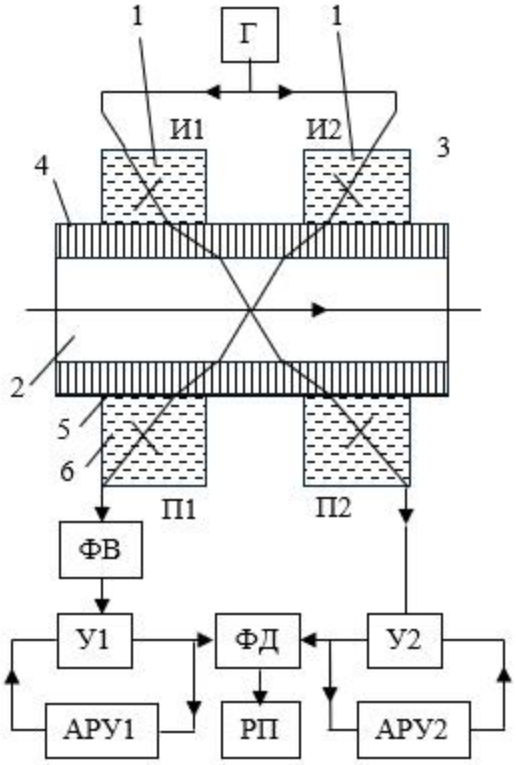


Рисунок 5.27. Технологическая схема ультразвукового расходомера фазного метода.

На рисунке 5.27. показана схема предназначенного для измерения расхода жидкостей в трубах, имеющих D, равный 100 и 200 мм, и рассчитанного на Qmax, равный 30; 50; 100; 200 и 300 м3/ч. Частота 1 МГц, максимальная разность фаз (2-2,1). Погрешность расходомера +2,5 %. Генератор Г с помощью согласующих трансформаторов связан с пьезоэлементами И1 и И2. Ультразвуковые колебания, излучаемые последними, проходят через жидкостные волноводы 1, мембраны 3, герметично вмонтированные в стенки трубопровода 4, проходят через измеряемую жидкость 2 и затем через мембраны 5 и жидкостные волноводы 6 поступают на приемные пьезоэлементы П1 и П2. Последние на выходе соединены с фазометрической схемой в составе фазорегулятора ФВ; двух одинаковых усилителей У1 и У2, управляемых узлами автоматической регулировки АРУ1 и АРУ2; фазового детектора ФД и измерительного прибора (потенциометра) РП. Фазорегулятор ФВ предназначен для регулировки начальной точки фазового детектора и корректировки нуля. Приведенная погрешность расходомера ±2,5 %.

Достигнутые экологические выгоды

Фазовые расходомеры обладают потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения

энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг объема углеводородных газовых смесей в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды.

Применимость

Данный вид расходомера производит определение объемного расхода углеводородных смесей.

Экономика

Стоимость около 1,2 млн. теңге (≈ 2300 долларов США). В стандартную комплектацию входят: ультразвуковые преобразователи, кабели, цифровой интерфейс (программное обеспечение). Без учета доставки и установки на пунктах мониторинга.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания углеводородных газовых смесей на территории промышленных объектов.

Примеры внедрения

Данный вид анализаторов применяется на нефтеперерабатывающих заводах и объектах сбора и подготовки нефти США.

5.3.2.3. Ультразвуковые расходомеры факельного и попутного газа на основе доплеровского метода

Техническое описание

Доплеровские расходомеры измеряют скорость потока, анализируя рассеивание ультразвуковых волн при их взаимодействии с частицами в потоке, будь то твердые примеси или пузырьки газа. Датчики фиксируют изменение частоты отраженного сигнала, что позволяет определить скорость движения частиц в потоке. Доплеровские расходомеры эффективны для измерения расхода в средах с высокой долей примесей и загрязнений, но имеет меньшую точность из-за разнообразия частиц в потоке.

Достигнутые экологические выгоды

Доплеровские расходомеры обладают потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг объема углеводородных газовых смесей в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды.

Применимость

Данный вид расходомера производит определение объемного расхода углеводородных смесей.

Экономика

Стоимость около 1 млн. теңге (≈2000 долларов США).. В стандартную комплектацию входят: ультразвуковые преобразователи, кабели, цифровой интерфейс (программное обеспечение). Без учета доставки и установки на пунктах мониторинга.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания углеводородных газовых смесей на территории промышленных объектов.

Примеры внедрения

Данный вид анализаторов применяется на нефтеперерабатывающих заводах и объектах сбора и подготовки нефти США.

5.3.3. Иные расходомеры для контроля расхода факельного газа

5.3.3.1. Термально-массовые расходомеры

Техническое описание

Термально-массовые расходомеры предназначены для измерения массового расхода и идеально подходят для контроля расхода факельного газа. Термально-массовые расходомеры используют два термокармана с платиновыми термометрами сопротивления. Один термокарман нагревается, а другой измеряет температуру процесса. Разница температур между термокарманами пропорциональна массовому расходу за счет эффекта охлаждения среды, что исключает необходимость дополнительной компенсации по давлению и температуре, а также использования математических модулей для пересчета

Термальный расходомер оснащен двумя температурными сенсорами, установленными в измерительную трубу. Температурные сенсоры, известные как термометры сопротивления, работают следующим образом: один сенсор фиксирует фактическую температуру газа для сравнения, независимо от скорости потока, а второй постоянно нагревается при помощи электроэнергии. Между двумя сенсорами поддерживается заданная разность температур. При отсутствии потока разность температур между сенсорами остается неизменной. Жидкость начинает перемещаться по трубе, тепло от нагретого сенсора переносится движущимся потоком газа. Этот эффект охлаждения фиксируется и компенсируется изменением объема потребляемой энергии, чтобы поддерживать заданную разность температур. Ток, необходимый для поддержания нагревания и, соответственно, разности температур, пропорционален

эффекту охлаждения и является прямым показателем массового расхода в трубе. Чем выше скорость потока, тем больше эффект охлаждения и объем энергии, необходимый для поддержания разности температур.

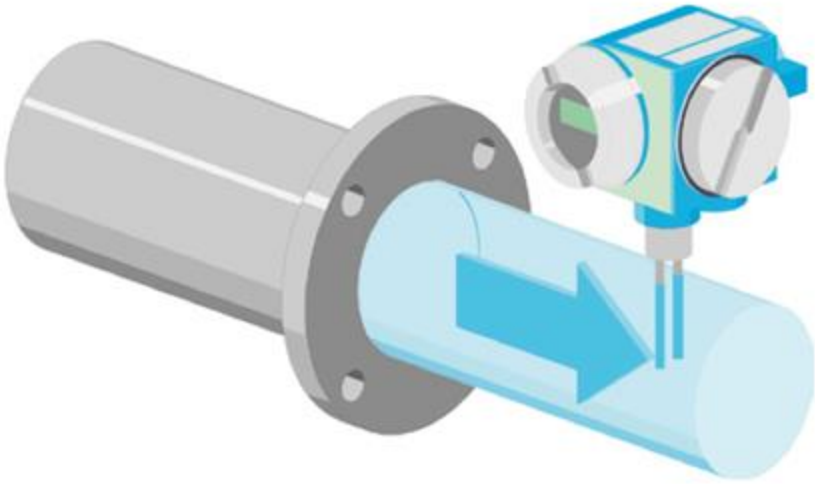


Рисунок 5.28. Технологическая схема термального-массового расходомера.

Достигнутые экологические выгоды

Термально-массовые расходомеры обладают потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг молекулярной массы углеводородных газовых смесей в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве [30].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды.

Применимость

Данный вид расходомера производит определение молекулярной массы углеводородных смесей.

Экономика

Стоимость около 0,25 млн. теңге (≈500 долларов США). В стандартную комплектацию входит сам расходомер без дополнительного оборудования. Без учета доставки и установки на пунктах мониторинга.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания углеводородных газовых смесей на территории промышленных объектов.

Примеры внедрения

Данный вид анализаторов применяется на нефтеперерабатывающих заводах и объектах сбора и подготовки нефти Китайской Народной Республики.

5.3.3.2. Ультрафиолетовые флуоресцентные анализаторы

Техническое описание

Ультрафиолетовые флуоресцентные анализаторы для H2S основаны на поглощении УФ-излучения на одной определенной длине волны молекулами H2S и их повторном излучении на другой длине волны. Коммерчески доступные приборы содержат либо непрерывный, либо импульсный источник УФ-излучения. Фильтры используются для создания узкой полосы волн вокруг 210 нм. Свет (фотон), испускаемый возбужденными молекулами, проходит через фильтр, а затем поступает на детектор – фотоумножительную трубку. Количество принятого света при определенной длине волны прямо пропорционально количеству молекул H2S и является мерой концентрации в измерительной ячейке, при условии тщательного контроля скорости потока образца. Проблема этого принципа измерения заключается в 'гашении' (quench effect), вызванном захватом испущенного излучения от молекул H2S другими молекулами, присутствующими в газе, например, CO2, O2, N2 и т. д. Эффект гашения варьируется в зависимости от молекулы, вовлеченной в реакцию, и поэтому очень сложно скомпенсировать этот эффект, когда состав матричного газа, содержащего H2S, изменяется со временем. Эффект ограничил использование этого типа анализатора для целей мониторинга выбросов, однако он нашел широкое применение как анализатор атмосферного воздуха для H2S, где состав матричного газа (атмосферного воздуха), не меняется существенно в составе.

УФ-флуоресцентные анализаторы используются для мониторинга выбросов на крупных энергетических объектах, если используется система высокого разведения, описанная ранее. В случае измерения концентрации SO2 в выбросах дымовых газов качество воздуха для разведения значительно влияет на результаты измерения. Кроме того, неспособность измерять компоненты, такие, как O2, CO, CO2 и иных газов, является ее ограничением по сравнению с другими техниками, такими, как NDIR/ NDUV с возможностью многокомпонентных измерений.

Достигнутые экологические выгоды

Ультрафиолетовые флуоресцентные анализаторы для H2S обладают потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг твердых частиц в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве.

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды

Применимость

Данный вид наблюдений посредством передвижных лабораторий обеспечивает своевременное измерение загрязняющих частиц, источником которых является факел.

Экономика

Стоимость ультрафиолетовых флуоресцентных анализаторов для H2S составляет около 0,76 млн. теңге (≈1500 долларов США). В комплектацию не входит процессор обработки данных (включая программное обеспечение) и сервер хранения данных. Затраты на доставку и установку также не включены.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания загрязняющих веществ на территории промышленных объектов в зоне влияния факела.

5.3.3.3. Пробоотборники для мониторинга сероксида углерода (COS), углерода сульфида (CS2) и меркаптана

Техническое описание

Пробоотборники для мониторинга сероксида углерода (COS), углерода сульфида (CS2) и меркаптана представляют собой компактную систему извлекающего отбора проб газа, предназначенную для непрерывного обнаружения и измерения утечек токсичного газа. Используется электрохимический сенсор, техническое описание принципа работы приведено в разделе 5.2.2.4. Отбор проб осуществляется на расстояниях до 33 метров. Является однопозиционной системой мониторинга, то есть предназначен для мониторинга одного вида газа, встроенной в поликарбонатный корпус общего назначения.

Достигнутые экологические выгоды

Пробоотборники для мониторинга сероксида углерода (COS) технологии обладает потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг карбонил сульфида и меркаптанов в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве.

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды.

Применимость

Данный вид анализатора предназначен только для мониторинга уровня карбонил сульфида в атмосфере.

Экономика

Стоимость за одну единицу анализатора составляет около 2,8 млн. теңге (≈5500 долларов США). В стандартную комплектацию входит сам анализатор без программного обеспечения и сервера. В цену не включены стоимость доставки и установки.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволяет оперативно реагировать на повышение содержания загрязняющих веществ на территории промышленных объектов в зоне влияния факела.

Примеры внедрения

Пробоотборники для мониторинга COS анализатора используется на объектах нефтедобычи и нефтепереработки в США.

5.3.4. Подфакельные наблюдения

Техническое описание

Для определения максимальных концентраций загрязняющих веществ, выделяемых при направленных выбросах от факельных установок в определенные районы города, и для оценки размеров зоны воздействия от данных предприятий проводятся подфакельные наблюдения. подфакельные наблюдения включают в себя измерение концентраций примесей под осью факела выбросов из труб промышленных объектов. Местоположение точек для отбора проб воздуха, используемых для определения концентраций вредных веществ, меняется в зависимости от направления факела.

Подфакельные наблюдения проводятся как вблизи отдельных источников выбросов , так и в районе группы источников. Для осуществления таких наблюдений требуется автомобиль для транспортировки необходимой аппаратуры для отбора проб воздуха, источников питания и радиостанций с радиусом действия не менее 10 – 15 км.

Отбор проб воздуха при подфакельных наблюдениях проводится на различных расстояниях от источника выброса, начиная от 0,5 км и заканчивая 30 км. Результаты наблюдений на близких расстояниях характеризуют загрязнение атмосферы низко расположенными источниками и неорганизованными выбросами, а на более удаленных – сумму низких, неорганизованных и высоких выбросов.

Измерения концентраций проводятся в центральных точках, находящихся по оси факела на различных расстояниях от источника выброса, а также в точках слева и справа от линии, перпендикулярной оси факела. Расстояние между точками зависит от ширины факела и увеличивается по мере удаления от источника выброса.

Более детально наблюдения проводятся на расстояниях 10 – 40 высот трубы от источника, где вероятность появления максимальной концентрации загрязняющих веществ наиболее велика. Количество измерений каждого вещества на каждом расстоянии должно составлять не менее 5 – 10 раз [34].

При проведении подфакельных наблюдений является определение направления факела и выбор точек для отбора проб. Направление факела определяется визуально по очертаниям дыма или по направлению ветра, характеру запаха и видимым факелам соседних источников.

Достигнутые экологические выгоды

Подфакельные наблюдения обладают потенциальными экологическими выгодами, такими, как автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Достигается непрерывный мониторинг твердых частиц в атмосфере, контроль над уровнем выбросов на производстве.

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды.

Применимость

Данный вид наблюдений посредством передвижных лабораторий обеспечивает своевременное измерение загрязняющих частиц, источником которых является факел.

Экономика

Стоимость передвижных лабораторий для подфакельных наблюдений составляет около 35,3 млн. теңге (≈70 000 долларов США). В данную комплектацию входит микроавтобус, оборудованный пробоотборниками, анализаторами качества воздуха, предназначенными для мониторинга выбросов CO, SOx, NOx.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания загрязняющих веществ на территории промышленных объектов в зоне влияния факела.

Примеры внедрения

В Республике Казахстан – ТОО "Тенгизшевройл" [35].

5.4. Автоматизированная система мониторинга сбросов загрязняющих веществ

При определении параметров сточных вод учитываются следующие основные характеристики.

Физические: температура (°С); расходомер (м3/час); водородный показатель (pH); электропроводность (мкС-микросименс); мутность (ЕМФ-единицы мутности по формазину на литр).

Качественные: активная реакция pH, органолептические показатели, минерализация (солесодержание), взвешенные вещества, свободный Cl Cl, NH3 NH, содержание органических веществ (как интегральные показатели – общий органический углерод, БПК, ХПК, так и по отдельным веществам – нефтепродуктам (включая минеральные масла), фенолы), содержание неорганических веществ (общий азот, аммонийный азот,

нитрит-ионы и нитрат-ионы, общий фосфор, хлориды, сульфаты, металлы (Fe, Mn, Ca, Mg, Al, Cr, Cu, Zn и иные) [30].

Значимость анализируемых параметров и применимость их для контроля зависят от специализации конкретного предприятия и используемых технологий, которые определяют загрязняющие вещества и их концентрацию в сточных водах до очистки.

Перечень маркерных загрязняющих веществ, подлежащих мониторингу и их периодичность представлены в отраслевых справочниках по наилучшим доступным техникам.

5.4.1. Автоматизированные измерительные устройства для определения физических параметров воды

5.4.1.1. Средства измерения температуры вод

Средства измерения температуры вод в зависимости от методов измерений (все типы термометров) делятся на 2 вида: контактные и бесконтактные.

5.4.1.1.1. Контактные средства измерения температуры вод

Контактные средства измерения температуры вод. Принцип действия основывается на необходимости теплового контакта между термометром и рабочей средой, температура которой измеряется.

5.4.1.1.1.1. Контактные средства измерения температуры вод – термометры сопротивления

Техническое описание

Термометры сопротивления (RTD – Resistance Temperature Detectors) основаны на принципе изменения электрического сопротивления проводника или полупроводника в зависимости от температуры. Наиболее часто в качестве чувствительного элемента используются материалы с высокой степенью чистоты (платина, никель или медь).

В основе работы термометров сопротивления лежит зависимость сопротивления материала от температуры. При повышении температуры сопротивление проводника увеличивается, а при понижении – уменьшается. Это изменение сопротивления позволяет измерять температуру [36].

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг вод с возможностью последующего оперативного вмешательства/корректировки технологического процесса с целью оптимизации потребления энергии, ресурсосбережения, сокращения эмиссий в окружающую среду и сокращения отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, являются средствами контроля эмиссий. Эксплуатационные данные по расходу электрической энергии зависят от комплектации используемого оборудования АСМ.

Кросс-медиа эффекты

Более высокая стоимость по сравнению с термопарами. Меньшая скорость отклика сигнала. Требовательность к калибровке и компенсации сопротивления проводов. Негативных воздействий на окружающую среду из-за применения предлагаемой техники не имеется.

Применимость

Термометры сопротивления широко применяются в промышленности, лабораториях и научных исследованиях для точного контроля температуры процессов и оборудования.

Термометры сопротивления для измерения температуры в широком диапазоне: от -200 °C до +850 °C, в зависимости от материала чувствительного элемента и конструкции датчика [37].

Экономика

Стоимость одной единицы самостоятельного датчика температуры составляет около 50 000 теңге. Большинство приборов учета температуры имеют возможность интеграции с другими системами управления и учета вод.

В зависимости от комплектации, конструкции, точности и диапазона измерений ориентировочная стоимость комплектации термометра со шкафом управления и интерфейсом контроля и визуализации (архивация данных, подключение к системе) составляет порядка 1,8 млн. теңге с возможностью доукомплектации иными датчиками (температуры, скорости потока и иным).

Эффект от внедрения

Использование термометров сопротивления позволяет достичь высокой точности измерений температуры, что делает их незаменимыми в критически важных приложениях, требующих надежного и точного контроля температуры.

5.4.1.1.1.2. Контактные средства измерения температуры вод – термопары

Техническое описание

Термопары – это датчики температуры, которые работают на основе эффекта Зеебека. Принцип основывается на генерации термоэлектрического напряжения (термоэлектрической движущей силы) в цепи, состоящей из двух разных металлов или сплавов, соединенных между собой в двух точках с разными температурами. При наличии разности температур на концах двух разнородных металлов в замкнутом контуре возникает электрическое напряжение. Это напряжение пропорционально разности температур [38].

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг вод с возможностью последующего оперативного вмешательства/корректировки технологического процесса с целью оптимизации потребления энергии, ресурсосбережения, сокращения эмиссий в окружающую среду и сокращения отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, термопары являются средствами контроля эмиссий. Эксплуатационные данные по расходу электрической энергии зависят от комплектации используемого оборудования АСМ.

Кросс-медиа эффекты

Менее высокая точность по сравнению с термометрами сопротивления. Необходимость компенсации холодного спая для точных измерений. Выходной сигнал может быть мал и требует усиления для точных измерений.

Применимость

Термопары широко используются в промышленности, научных исследованиях для измерения высоких температур, контроля процессов и обеспечения безопасности оборудования [37].

Экономика

Стоимость одной единицы самостоятельного датчика температуры составляет от 35 000 теңге. Большинство приборов учета температуры имеют возможность интеграции с другими системами управления и учета вод.

В зависимости от комплектации, конструкции, точности и диапазона измерений ориентировочная стоимость комплектации термометра со шкафом управления и интерфейсом контроля и визуализации (архивация данных, подключение к системе) составляет порядка 1,8 млн. теңге с возможностью доукомплектации иными датчиками (температуры, скорости потока и иным).

Эффект от внедрения

Использование термопар позволяет эффективно и надежно измерять температуру в широком диапазоне измеряемых температур (от -200 °C до +1800 °C и выше в зависимости от типа термопары). Простота конструкции и низкая стоимость. Быстрый отклик на изменения температуры. Способность работать в экстремальных условиях.

5.4.1.1.1.3. Контактные средства измерения температуры вод – манометрические термометры

Техническое описание

Принцип работы манометрического термометра состоит в использовании зависимости давления закрытой системы от температуры. Измерение температуры осуществляется за счет изменения давления заполненной среды (газа, жидкости или паров), находящейся в замкнутом объеме.

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг вод с возможностью последующего оперативного

вмешательства/корректировки технологического процесса с целью оптимизации потребления энергии, ресурсосбережения, сокращения эмиссий в окружающую среду и сокращения отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, являются средствами контроля эмиссий. Эксплуатационные данные по расходу электрической энергии зависят от комплектации используемого оборудования АСМ.

Кросс-медиа эффекты

Манометрические термометры имеют ограниченную точность по сравнению с другими типами термометров. Потенциальная инерционность из-за объемов используемых сред.

Применимость

Манометрические термометры широко используются в промышленности, научных исследованиях для измерения высоких температур, контроля процессов и обеспечения безопасности оборудования. Способность измерять широкие диапазоны температур. Использование в агрессивных и экстремальных условиях.

В зависимости от применяемого рабочего вещества различают следующие манометрические термометры:

газовые (азот);

конденсационные (метилхлорид, спирт, диэтиловый эфир);

жидкостные (метилксилол, силиконовые жидкости, металлы с низкой точкой плавления);

ртутные со специальными наполнителями.

Экономика

Стоимость одной единицы самостоятельного датчика температуры составляет от 35 000 теңге. Приборы учета температуры имеют возможность интеграции с другими системами управления и учета вод.

В зависимости от комплектации, конструкции, точности и диапазона измерений ориентировочная стоимость комплектации термометра со шкафом управления и интерфейсом контроля и визуализации (архивация данных, подключение к системе) составляет около 1,8 млн. теңге с возможностью доукомплектации иными датчиками (температуры, скорости потока и иным).

Эффект от внедрения

Использование термопар позволяет эффективно и надежно измерять температуру в широком диапазоне измеряемых температур (от -200 °C до +700 °C).

5.4.1.1.2. Бесконтактные средства измерения температуры вод

Бесконтактные средства измерения температуры вод преимущественно используются для периодических измерений с целью экологического мониторинга состояния водных объектов, для контроля состояния экосистем и выявления

аномальных изменений, которые свидетельствуют о загрязнении и экологических проблемах, и контроля температуры технологических процессов, для оперативного выявления изменений температуры в различных условиях (теплообменниках, конденсаторах и других элементах энергетических систем для повышения эффективности и надежности их работы, мониторинга температуры воды в системах орошения для обеспечения оптимальных условий для роста растений и предотвращения переохлаждения или перегрева корневой системы и иных условиях.

Бесконтактные средства измерения температуры вод могут быть адаптированы/ внедрены в автоматизированную систему мониторинга.

5.4.1.1.2.1. Бесконтактные средства измерения температуры вод – пирометр

Техническое описание

Пирометры измеряют температуру объектов на расстоянии, используя излучаемое объектом инфракрасное излучение. Все объекты с температурой выше абсолютного нуля (-273,15 °C) излучают инфракрасное излучение. Количество и длина волны этого излучения зависят от температуры объекта.

Оптическая система: линзы или зеркала фокусируют инфракрасное излучение от измеряемого объекта на детектор.

Детектор (сенсор): принимает инфракрасное излучение и преобразует его в электрический сигнал. Наиболее распространенными являются термоэлементы, болометры или фотодиоды.

Электронная схема: обрабатывает электрический сигнал от детектора и преобразует его в показания температуры. Электронная схема может включать в себя усилители, фильтры и аналого-цифровые преобразователи.

Дисплей: показывает измеренное значение температуры.

Пирометры улавливают это инфракрасное излучение и преобразуют его в электрический сигнал, который затем преобразуется в значение температуры [39].

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг вод с возможностью последующего оперативного вмешательства/корректировки технологического процесса с целью оптимизации потребления энергии, ресурсосбережения, сокращения эмиссий в окружающую среду.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, являются средствами контроля эмиссий. Эксплуатационные данные по расходу электрической энергии зависят от комплектации используемого оборудования АСМ.

Кросс-медиа эффекты

Требуется точная настройка эмиссивности для различных материалов для получения точных измерений.

Влияние окружающей среды на точность измерений: пыль, дым, пар и другие факторы.

Применимость

К недостаткам применения пирометров относятся определение температуры только на поверхности исследуемой среды, что может влиять на точность измерений.

Пирометры широко используются в промышленности, металлургии, производстве стекла, керамики, а также в медицинских и исследовательских лабораториях для бесконтактного измерения температуры.

Измерение температуры на расстоянии и высокой точности, пирометры становятся незаменимыми инструментами в различных областях науки и техники.

измерение температуры удаленных и труднодоступных объектов;

измерение температуры движущихся частей;

обследование частей, находящихся под напряжением;

контроль высокотемпературных процессов;

регистрация быстро изменяющихся температур;

измерение температуры тонкого поверхностного слоя;

обследование частей, не допускающих прикосновения;

обследование материалов с низкой теплопроводностью или теплоемкостью.

Пирометры позволяют быстро измерять температуру, что полезно для динамических процессов.

Экономика

Стоимость одной единицы датчика температуры составляет от 22 000 теңге. Большинство приборов учета температуры имеют возможность интеграции с другими системами управления и учета вод.

Эффект от внедрения

Использование пирометров позволяет эффективно и надежно измерять температуру в широком диапазоне измеряемых температур (от -25 °C до +300 °C).

5.4.1.2. Автоматизированные системы учета воды

Автоматизированные системы учета воды (АСУВ) – это современные комплексы, позволяющие дистанционно снимать показания с приборов учета воды, обрабатывать и анализировать данные, формировать отчеты и контролировать потери и утечки воды.

АСУВ повышают эффективность и экономичность использования водных ресурсов, способствуют снижению затрат на обслуживание и эксплуатацию систем водоснабжения, улучшают качество обслуживания потребителей и поставщиков воды. АСУВ способствуют решению глобальных проблем, связанных с дефицитом и загрязнением воды и сохранению окружающей среды.

Водомеры, оснащенные электронными датчиками, устанавливаются на водопроводных трубах для измерения расхода воды в реальном времени. Приборы

АСУВ могут быть ультразвуковыми, электромагнитными или механическими с импульсным выходом.

5.4.1.2.1. Автоматизированные системы учета воды – ультразвуковые приборы учета

Техническое описание

Ультразвуковые приборы учета воды работают по двум основным методам: методу временной разности и методу Доплера.

Метод временной разности: два ультразвуковых датчика устанавливаются на трубопроводе, один напротив другого. Датчики генерируют ультразвуковые сигналы, которые передаются через воду.

Измерение времени прохождения: Ультразвуковые сигналы передаются в обоих направлениях – по течению и против течения воды. Время прохождения сигнала в обоих направлениях фиксируется.

Время прохождения сигнала по направлению потока будет меньше, чем против потока – из-за скорости воды. Разница во времени прохождения сигналов используется для расчета скорости потока [40].

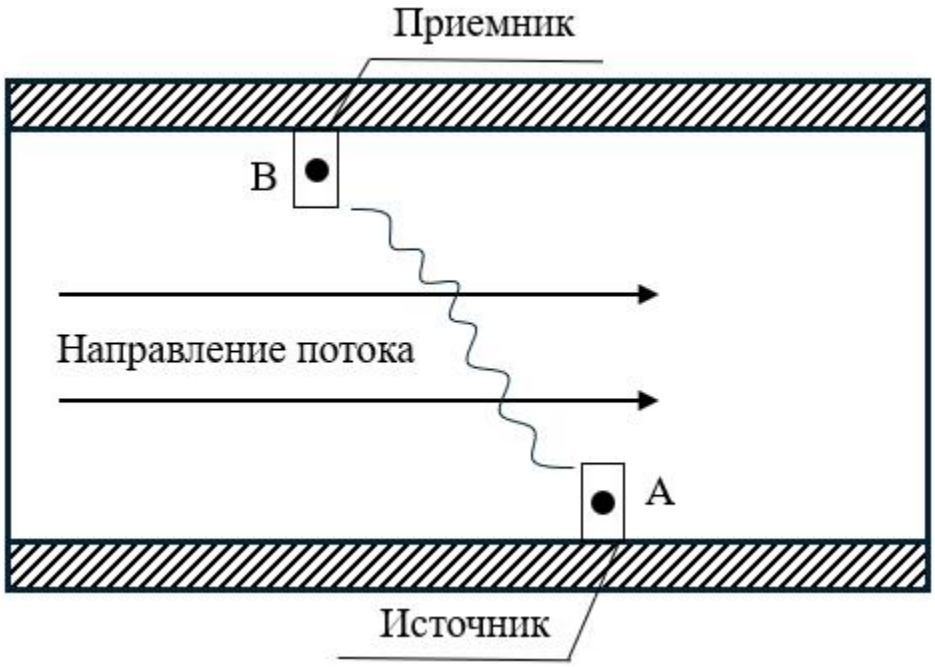


Рисунок 5.29. Принцип действия ультразвукового прибора учета воды.

Объемный расход воды определяется путем умножения скорости потока на площадь поперечного сечения трубопровода.

Метод Доплера: один ультразвуковой датчик посылает сигнал в поток воды. Ультразвуковые сигналы отражаются от взвешенных частиц или пузырьков в воде.

Частота отраженного сигнала изменяется пропорционально скорости движения частиц (эффект Доплера).

Скорость потока воды определяется на основе измеренного частотного сдвига. Объемный расход воды рассчитывается на основе скорости потока и площади поперечного сечения трубопровода [41].

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг вод с возможностью последующего оперативного вмешательства/корректировки технологического процесса с целью оптимизации потребления энергии, ресурсосбережения, сокращения эмиссий в окружающую среду и сокращения отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, являются средствами контроля эмиссий. Эксплуатационные данные по расходу электрической энергии зависят от комплектации используемого оборудования АСМ.

Кросс-медиа эффекты

Эффект Допплера. Наименее точный метод. Струя воды в магистрали неоднородна, ее частицы рассеивают сигнал неодинаково. В расчет принимается средняя величина из спектра отраженных частот.

Чувствительность к пузырькам воздуха в жидкости и равномерности течения. Сложность калибровки и регулировки.

Применимость

Ультразвуковые приборы учета воды широко используются в промышленности, научных исследованиях для измерения высоких температур, контроля процессов и обеспечения безопасности оборудования.

Возможность использования в агрессивных и экстремальных условиях.

Экономика

Стоимость одной единицы датчика температуры составляет от 250 000 теңге (за 1 единицу, без учета систем коммутации, серверных и интерфейса визуализации). Большинство приборов учета температуры имеют возможность интеграции с другими системами управления и учета вод.

Эффект от внедрения

Минимальная погрешность измерений. Возможность интеграции с системами удаленного мониторинга и управления для оперативного контроля и анализа данных. Отсутствует сопротивление потоку, у приборов с отражателями внутри трубы оно минимально. Высокая надежность и долговечность, обусловленная отсутствием контакта со средой, и механических движущихся деталей. Широкие границы измерений с сохранением высокой точности. Низкое потребление электроэнергии. Автономность и независимость от состояния электросети.

Не требует чрезмерной протяженности прямых участков трубопровода.

5.4.1.2.2. Автоматизированные системы учета воды – электромагнитные приборы учета

Техническое описание

Принцип работы основан на законе Фарадея об электромагнитной индукции. В электропроводной жидкости индуцируется электродвижущая сила возникающей в объеме электропроводящей жидкости, движущейся в магнитном поле, создаваемом электромагнитной системой в сечении канала первичного преобразователя, величина которой пропорциональна скорости проводника (воды).

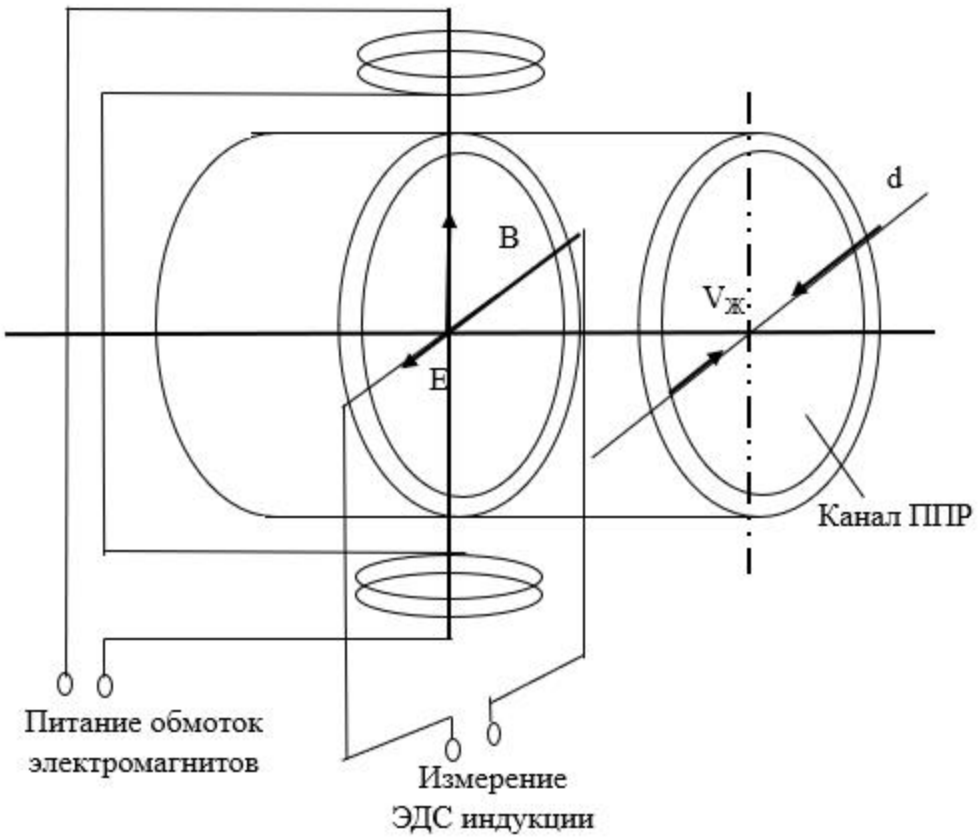


Рисунок 5.30. Принцип действия электромагнитного прибора учета воды.

ППР – первичный преобразователь расхода; В – вектор магнитной индукции; Е – вектор электродвижущей силы индукции; Vж – вектор скорости жидкости.

Электромагнитные приборы учета измеряют электрическое напряжение, создаваемое потоком жидкости, и переводят это значение в расход по специальной формуле.

Достигнутые экологические выгоды

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, так как они являются средствами контроля эмиссий. Эксплуатационные данные по расходу электрической энергии зависят от комплектации используемого оборудования АСМ.

Кросс-медиа эффекты

Для работы узла учета требуется подключение к источнику электричества, высокая восприимчивость к турбулентности потока, которая снижает точность.

Применимость

электромагнитные приборы учета имеют широкое применение в водоснабжении, водоочистке, промышленных процессах и других областях благодаря своей высокой точности, надежности и минимальным эксплуатационным расходам.

Экономика

Стоимость одной единицы датчика электромагнитного прибора учета воды составляет от 200 000 теңге (за 1 единицу, без учета систем коммутации, серверных и интерфейса визуализации).

Эффект от внедрения

Минимальное влияние на поток. В отличие от тахометрических счетчиков, индукционные почти не создают гидравлического сопротивления.

Отсутствие подвижных частей. Индукционные счетчики воды не имеют подвижных частей в контакте с водой, что снижает риск их износа и повреждения.

Индукционные приборы учета воды можно встроить в трубопровод практически любого стандартного диаметра.

Большой динамический диапазон. Индукционный прибор может использоваться в системах с низким и высоким гидравлическим давлением.

Безынерционная конструкция позволяет прибору точно определять расход жидкости, скорость движения которых регулярно и резко меняется.

5.4.1.2.3. Автоматизированные системы учета воды – механические с импульсным выходом

Техническое описание

Автоматизированные системы учета воды с использованием механических счетчиков и импульсного выхода являются важным инструментом для точного измерения и мониторинга водопотребления в различных сферах, включая жилищно-коммунальное хозяйство, промышленность и сельское хозяйство. Автоматизированные системы учета воды с использованием механических счетчиков и импульсного выхода сочетают надежность механических измерительных устройств с возможностями современных технологий передачи данных.

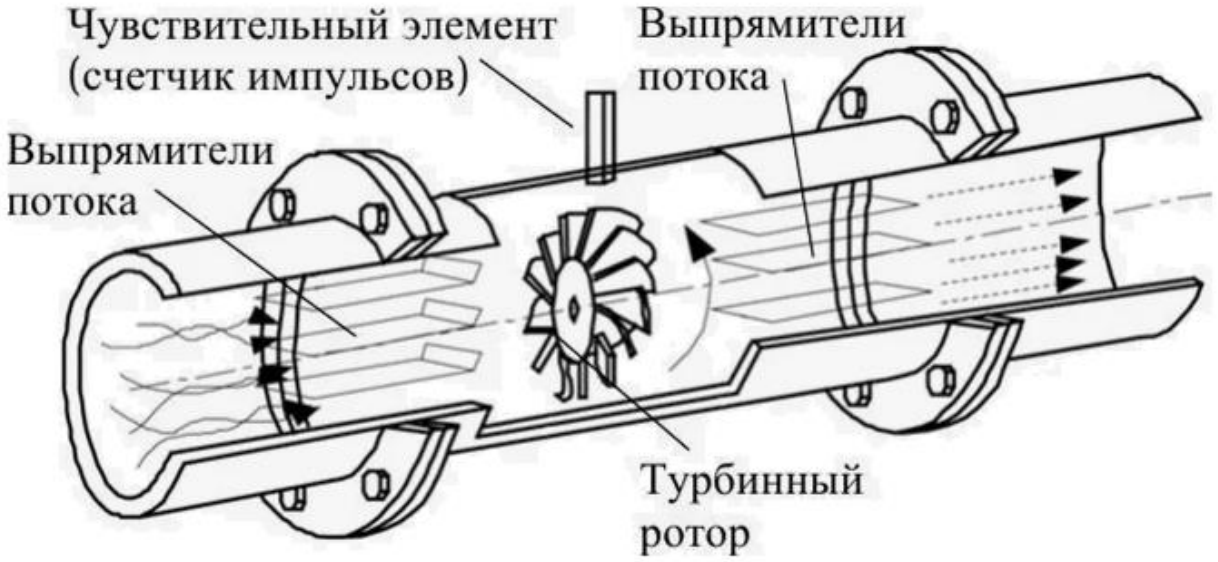


Рисунок 5.31. Принцип действия прибора учета воды с использованием механических счетчиков и импульсного выхода.

Импульсный выход (преобразователь импульсов): устанавливается на механический счетчик и генерирует электрические импульсы, соответствующие определенному объему протекающей воды (например, один импульс на 1 стандартизированный объем стоков).

Программное обеспечение, системы сбора и обработки данных: устройства, принимающие импульсные сигналы и сохраняющие данные о потреблении воды. Обеспечивают передачу данных на центральный сервер или в облачное хранилище через проводные или беспроводные сети, с последующим выводом на интерфейсы визуализации для отображения данных в удобном для пользователя формате, включая графики и отчеты. При необходимости оснащаются системами оповещения для информирования пользователей о превышении норм водопотребления и/или возникновении аварийных ситуаций.

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг расхода воды с возможностью последующего оперативного вмешательства, корректировки технологического процесса с целью оптимизации потребления энергии, ресурсосбережения.

Автоматизированные системы помогают сократить эксплуатационные расходы за счет повышения точности учета и быстрого выявления утечек или несанкционированного использования воды.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, являются средствами контроля расхода воды (сточных, питьевых, оборотных и иных). Эксплуатационные данные по расходу электрической энергии зависят от комплектации используемого оборудования АСМ и варьируются от 0,15 кВт*ч.

Кросс-медиа эффекты

В зависимости от используемого оборудования по учету сточных вод погрешность измерений может быть до 1 %. Не чувствительны к пузырькам воздуха в жидкости.

Применимость

Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия спецификации выбранного оборудования физическим параметрам сточных вод.

Экономика

Стоимость одной единицы промышленного механического счетчика с импульсным выходом составляет от 250 000 теңге (за 1 единицу, без учета систем коммутации, серверных и интерфейса визуализации), в зависимости от объемов транспортируемой среды, материального исполнения и иных критериев. Большинство приборов учета воды имеют возможность интеграции с другими системами управления и учета вод.

5.4.1.3. Автоматизированные системы учета воды – измерение водородного показателя (pH) вод

pH-метры используются для измерения водородного показателя (pH) растворов, который характеризует активность ионов водорода в конкретной среде на их кислотность или щелочность.

Техническое описание

Основной датчик, измеряющий водородный показатель воды, состоит из стеклянного электрода и референсного электрода. Работа датчика основана на разности потенциалов (электродвижущая сила), которая образуется между электродами в исследуемой среде.

Ионы имеют заряд и при контакте с анализируемой средой происходит замыкание электрической цепи между сравнительным и измерительным электродами. Возникает электродвижущая сила, под действием которой электроны переносятся к вспомогательному электроду. Так как внутри трубки концентрация положительно заряженных ионов водорода постоянная, то электродвижущая сила отражает активность ионов водорода в исследуемой среде.

Основу работы pH-метра составляет уравнение Нернста, которое описывает связь между потенциалом электрода и концентрацией ионов водорода:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} ln\alpha_{H^+};$$

где:

E

– измеренный потенциал;

E_0

– стандартный электродный потенциал;

R – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура (в кельвинах);

n – число перенесенных электронов (для pH-метра = 1, так как измеряются ионы водорода);

F – постоянная Фарадея;

α_{H^+}

– активность ионов водорода (пропорциональна их концентрации).

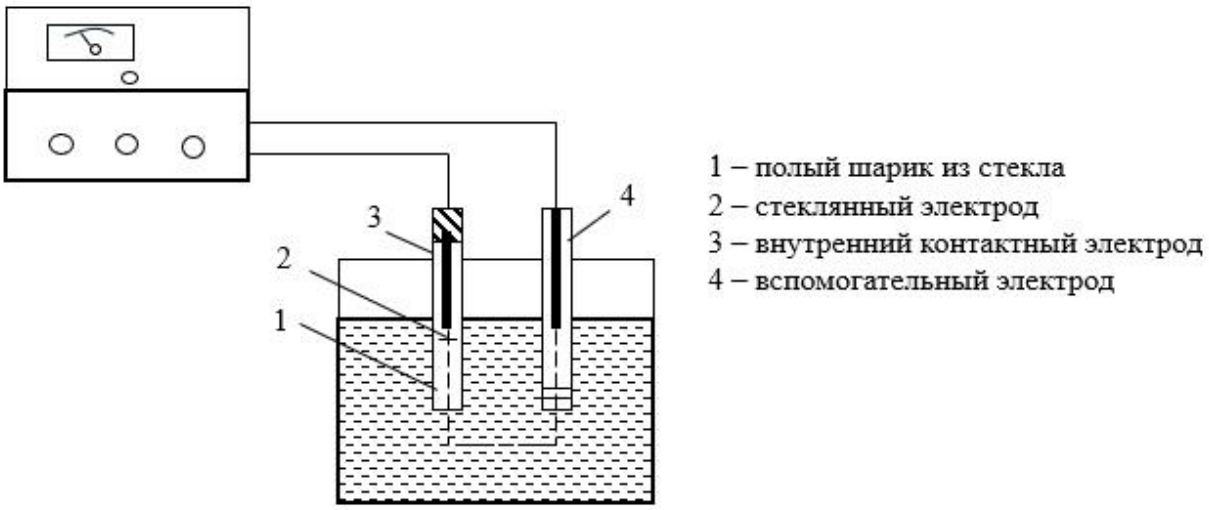


Рисунок 5.32. Принцип действия датчиков измерения водородного показателя (pH) вод.

Измерительный электрод реагирует на ионы водорода. Изготавливается из стекла (стекло не вступает в реакцию с большинством сред). Измерительные электроды сделаны из боросиликатного стекла, которое не боится окислителей и является электропроводником.

Индикаторный электрод имеет вид трубки с шариком на конце. Трубка наполняется смесью хлорида серебра и соляной кислоты. В данную суспензию помещена серебряная проволока, выполняющая роль электрода. В трубке перемещаются положительно заряженные ионы водорода.

Вспомогательный (или электрод сравнения). В корпусе электрода содержится ртутно-каломелевая паста, которая помещена в хлорид калия. Раствор хлорида калия выполняет роль проводника между исследуемой средой и пастой. Работает в паре с индикаторным электродом.

Современные pH-метры обычно совмещают в одном корпусе измерительные и вспомогательные электроды. Это позволяет производить измерения быстро, с минимальными погрешностями.

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг кислотности воды с возможностью последующего оперативного вмешательства/корректировки технологического процесса с целью оптимизации потребления энергии, ресурсосбережения.

Автоматизированные системы осуществляют постоянный контроль качества воды, позволяющий оперативно реагировать на изменения и предотвращать отклонения от заданных параметров качества вод.

Современные датчики и системы управления обеспечивают высокую точность измерений и стабильность работы.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, так как они являются средствами контроля качества воды (сточных, питьевых, оборотных и иных). Эксплуатационные данные по расходу электрической энергии зависят от комплектации используемого оборудования АСМ и варьируются от 0,35 кВт*ч. Преимущественно расход электроэнергии отнесен к блокам анализа, хранения и отражения информационных данных, а также системам управления.

Кросс-медиа эффекты

В зависимости от используемого оборудования по учету сточных вод погрешность измерений может быть до 1 %. Не чувствительны к пузырькам воздуха в жидкости.

Применимость

Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия спецификации выбранного оборудования к физическим параметрам сточных вод.

Автоматизированные системы учета воды с измерением pH являются неотъемлемой частью современных технологий контроля и управления водными ресурсами.

На электродвижущую силу влияет температура исследуемой среды, поэтому для получения максимально достоверных данных рекомендуется использовать встроенные термодатчики для автоматической компенсации, которые позволяют отобразить уровень кислотности с учетом температуры и/или с возможностью пересчета кислотности с учетом необходимой адаптации по температуре.

Возможность интеграции с другими системами управления и учета.

Экономика

В зависимости от комплектации, конструкции, точности и диапазона измерений ориентировочная стоимость 1 датчика pH составляет порядка 64000 теңге. Для эксплуатации АСМ необходимо программное обеспечение, ориентировочная стоимость 1,2 млн. теңге в зависимости от выбранных параметров.

При наличии в образце примесей мембрана электрода сравнения загрязняется или покрывается осадком. В обычной, не очень загрязненной среде при нормальных условиях срок службы датчика составляет от шести месяцев до двух лет.

5.4.1.4. Автоматизированные системы учета воды – измерение электропроводности

Автоматизированные системы учета воды, использующие измерение электропроводности, предназначены для контроля качества воды путем определения концентрации растворенных ионов. Измерение электропроводности осуществляется электродными датчиками и индуктивными датчиками.

5.4.1.4.1. Автоматизированные системы учета воды – измерение электропроводности электродными датчиками

Электродные датчики включают пару электродов, между которыми измеряется электрическое сопротивление раствора.

Техническое описание

Датчик электропроводности содержит два электрода, между которыми пропускается небольшой переменный ток. Электрическое сопротивление воды зависит от концентрации растворенных ионов: чем больше ионов, тем выше проводимость и ниже сопротивление.

Кондуктометр регистрирует сопротивление раствора и преобразует его в значение электропроводности, определяемое по формуле:

$$k = \frac{1}{R} \times K;$$

где

R – измеренное сопротивление,

K – константа ячейки, зависящая от геометрии электродов.

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг электропроводности воды, водных растворов с возможностью последующего оперативного вмешательства/корректировки технологического процесса с целью оптимизации потребления энергии, ресурсосбережения.

Автоматизированные системы осуществляют постоянный контроль качества воды, что позволяет оперативно реагировать на изменения и предотвращать отклонения от заданных параметров качества вод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, являются средствами контроля качества воды (сточных, питьевых, оборотных и иных). Эксплуатационные данные по расходу электрической энергии зависят от комплектации используемого оборудования АСМ. Преимущественно расход электроэнергии отнесен к блокам анализа, хранения и отражения информационных данных, а также системам управления.

Кросс-медиа эффекты

Необходим качественный подбор погружных электродов, в зависимости от исследуемой среды могут образовываться налеты и загрязнение электродов, что может повлиять на точность измерений.

Применимость

Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия спецификации выбранного оборудования физическим параметрам сточных вод.

Автоматизированные системы учета воды с измерением электропроводности являются неотъемлемой частью современных технологий контроля и управления водными ресурсами.

Ступенчатые пределы измерения могут быть от 0,01 мкСм/см до 2 000 мСм/см. Материалом электрода может быть нержавеющая сталь, пластик (полибутилентерефталат). Если диапазон измерения доходит до 9999 мСм/см, то необходимо рассмотреть полифениленсульфид (ПФС), графит, полиоксиметилен (ПОМ).

Экономика

В зависимости от комплектации, конструкции, точности и диапазона измерений ориентировочная стоимость комплектации датчика электропроводности вод со шкафом управления (архивация данных, передачи информации на телефон, подключение к системе) составляет порядка 1,8 млн. теңге (по ценам 2024 г.) с возможностью доукомплектации иными датчиками (температуры, скорости потока и иным).

Стоимость 1 датчика электропроводности составляет порядка 220 000 теңге.

5.4.1.4.2. Автоматизированные системы учета воды – измерение электропроводности индуктивными датчиками

Индуктивные датчики используют электромагнитное поле для измерения проводимости воды без прямого контакта с электродами.

Техническое описание

В случае индуктивного измерения электропроводимости первичная катушка создает переменное магнитное поле, что создает электрический ток в рабочей среде. Это приводит катионы и анионы в измеряемой жидкости в движение и через жидкость проходит переменный ток.

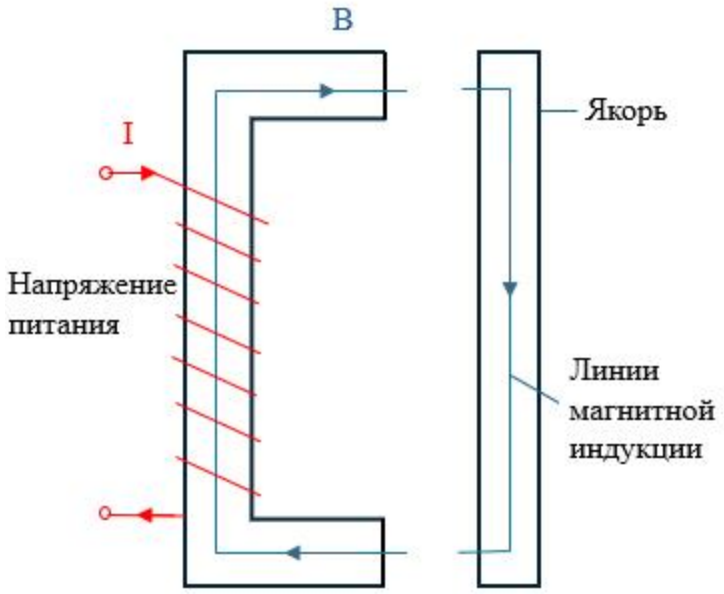


Рисунок 5.33. Магнитное поле при срабатывании в процессе проточного анализа.

Данный ток создает переменное магнитное поле в приемной катушке. Индукционный ток, создаваемый в катушке, измеряется электронным модулем и используется для вычисления проводимости.

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг электропроводности воды/водных растворов с возможностью последующего оперативного вмешательства/корректировки технологического процесса с целью оптимизации потребления энергии, ресурсосбережения.

Автоматизированные системы осуществляют постоянный контроль качества воды, что позволяет оперативно реагировать на изменения и предотвращать отклонения от заданных параметров качества вод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, так как они являются средствами контроля качества воды (сточных, питьевых, оборотных и иных). Эксплуатационные данные по расходу электрической энергии зависят от комплектации используемого оборудования АСМ и могут быть от 1,2 кВт*ч. Преимущественно расход электроэнергии отнесен к блокам анализа, хранения и отражения информационных данных, а также системы управления.

Нет ограничений для высоких значений проводимости за счет эффекта поляризации . Нечувствительность к загрязнению.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Применимость

Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия спецификации выбранного оборудования физическим параметрам сточных вод.

Автоматизированные системы учета воды с измерением электропроводности являются неотъемлемой частью современных технологий контроля и управления водными ресурсами.

Возможность интеграции с другими системами управления и учета.

Экономика

Стоимость одной единицы индуктивного датчика – от 40 000 теңге (без учета систем коммутации, серверных и интерфейса визуализации), в зависимости от объемов транспортируемой среды, материального исполнения и иных критериев. Возможность интеграции с другими системами управления и учета вод.

5.4.1.5. Автоматизированные системы учета воды – измерение мутности

Автоматизированные системы учета воды, использующие измерение мутности, предназначены для контроля качества воды, определяя присутствие взвешенных частиц . Мутность воды является одним из важных показателей, используемых в водоочистных установках, промышленности, сельском хозяйстве и экологическом мониторинге вод.

Существует два основных количественных метода с использованием оптических турбидиметров и нефелометриии:

1) измерение рассеянного излучения, которое применяется для воды с низкой степенью мутности (например, питьевая вода). Результат измерения мутности по этому методу выражается в нефелометрических единицах по формазину (FNU), результаты обычно находятся в пределах от 0 до 40 FNU. В зависимости от конструкции прибора данный метод может также применяться для воды с высокой степенью мутности;

2) измерение ослабления потока излучения. Автоматизированные системы учета воды, использующие измерение мутности для воды с высокой степенью мутности (например, сточные или загрязненные воды). Результат измерения мутности по данному методу выражается в единицах ослабления по формазину (FAU), результаты обычно находятся в пределах от 40 FAU до 4000 FAU [30].

Измерение мутности – это не прямое определение количества взвеси в жидкости, а измерение величины рассеивания света на взвешенных частицах.

Измерение мутности с использованием метода нефелометрии распространено и активно внедрено во многих отраслях промышленности.

5.4.1.5.1. Автоматизированные системы учета воды – измерение мутности с использованием оптических турбидиметров (фотометр)

Техническое описание

В стандартной комплектации турбидиметры состоят из корпуса; датчика; электронной схемы с микроконтроллером, обеспечивающей измерение фоновой освещенности и определение мутности при выполнении эксперимента; платы управления и обработки сигналов с индикатором; батареи питания и фотоприемников, которые размещаются на датчике. Первый фотоприемник на оси действия излучателя предназначен для улавливания слабого излучения, второй фотоприемник – для захвата рассеянного.

Датчик фиксирует показания по светопоглотительной, светопропускной и светорассеивающей способностям, предоставляя пользователю полную информацию о мутности жидкости.

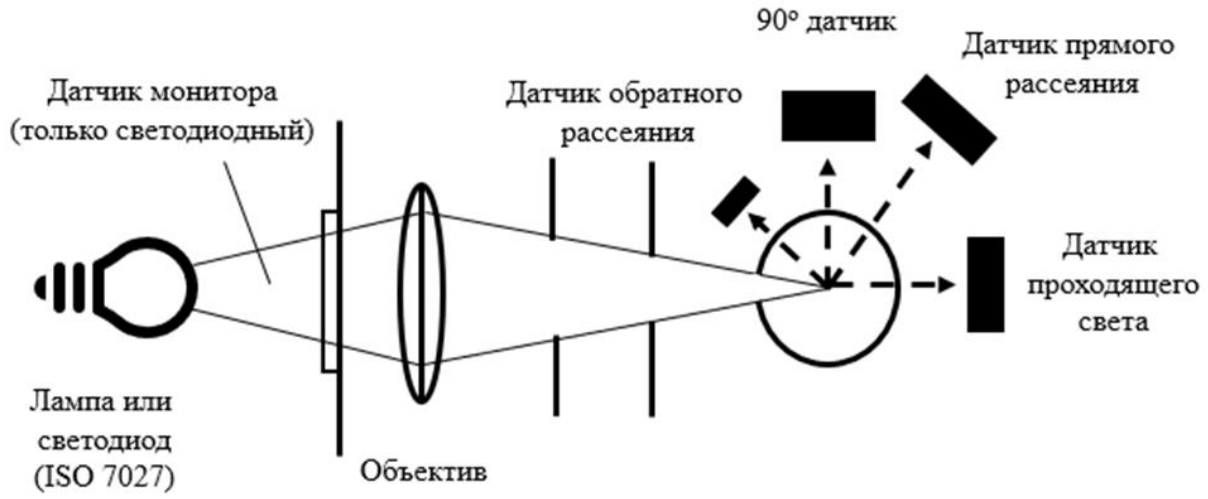


Рисунок 5.34. Принцип действия оптических турбидиметров (фотометр).

Источник света направляет луч на водный образец, находящийся в кювете. Световой луч проходит через воду, сталкиваясь с взвешенными частицами. Частицы в воде рассеивают падающий свет во всех направлениях. Датчик (фотодетектор), расположенный под углом 90 градусов к источнику света, фиксирует интенсивность рассеянного света.

Датчик, расположенный напротив источника света, измеряет интенсивность проходящего света. Чем больше частиц в воде, тем меньше света достигает этого датчика, часть света рассеивается или поглощается частицами.

Электронный блок обработки данных анализирует сигналы, полученные от фотодетекторов, и преобразует их в значения мутности, выраженные в NTU (Nephelometric Turbidity Units) или FNU (Formazin Nephelometric Units).

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг мутности воды/водных растворов с возможностью

последующего оперативного вмешательства/корректировки технологического процесса с целью оптимизации ресурсосбережения.

Автоматизированные системы осуществляют постоянный контроль качества воды, что позволяет оперативно реагировать на изменения и предотвращать отклонения от заданных параметров качества вод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, являются средствами контроля качества воды (сточных, питьевых, оборотных и иных).

В качестве источника излучения может использоваться лазерный светодиод с длинной волны 880 нм (отсечение по мутности) и 430 нм (отсечение по цветности), что обеспечивает самое низкое потребление электроэнергии и чрезвычайно длительный срок службы самого источника (более 10 лет).

Некоторые турбидиметры оснащены термодатчиками для автоматической температурной компенсации, так как температура может влиять на показания мутности

.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Применимость

Общеприменимы ко всем отраслям промышленности, во многих областях науки, в исследованиях, с учетом соответствия спецификации выбранного оборудования физическим параметрам сточных вод. Они необходимы для определения степени мутности как питьевой воды, так и различных растворов и жидкостей.

Автоматизированные системы учета воды с измерением мутности воды являются неотъемлемой частью современных технологий контроля и управления водными ресурсами.

Современные фотометры позволяют работать в экстремальных условиях.

Возможность интеграции с другими системами управления и учета.

Экономика

Стоимость одной единицы датчика турбидиметра – от 1 200 000 теңге (с интерфейсом визуализации), в зависимости от объемов транспортируемой среды, материального исполнения и иных критериев. Имеет возможность интеграции с другими системами управления и учета вод.

5.4.2. Автоматизированные системы учета воды – определение качественных показателей воды

Для определения качественных показателей (концентрации загрязняющих веществ) в водных и других растворах преимущественно используется фотоколориметрический анализ.

Техническое описание

Принцип работы фотоколориметрического анализа основан на измерении интенсивности света, проходящего через исследуемую водную среду. В основе фотоколориметрического анализа заложено избирательное поглощение электромагнитных излучений различных участков спектра атомом, ионом и/или молекулой анализируемого вещества.

Поглощая квант света, ион, атом или молекула переходят в более высокое энергетическое состояние. Переход с основного, невозбужденного уровня на более высокие и возбужденные уровни. Электромагнитные переходы вызывают появление в спектрах поглощающих частиц строго определенных полос поглощения, основанных на пропорциональной зависимости между светопоглощением и концентрацией поглощающего вещества.

Данный метод широко используется для количественного определения концентрации определенных веществ в растворе. Основные этапы и принципы работы фотоколориметрического анализа:

Основные принципы фотоколориметрического анализа основываются на абсорбции света и на физическом законе Бера- Бугера Ламберта, выраженном в формуле:

$$D = \varepsilon \times C \times l;$$

где:

D – оптическая плотность (абсорбция А);

ε

– показатель поглощения водного раствора (удельный и молярный);

С – концентрация раствора;

l

– толщина слоя вещества, см.

Абсорбция света – часть света, проходящего через водный раствор, содержащий загрязняющее вещество, поглощается молекулами этого вещества. Интенсивность поглощения зависит от концентрации вещества и длины волны света.

Закон Бера-Ламберта описывает количественное соотношение между поглощенной световой интенсивностью и концентрацией раствора.

В настоящее время профессиональные анализаторы качества воды представляют собой универсальные многопараметрические измерители, включающие в себя набор датчиков для контроля всех основных параметров водоема.



Рисунок 5.35. Пример универсального многопараметрического датчика.

Достигнутые экологические выгоды

Потенциальными экологическими выгодами представленной техники являются автоматизированный мониторинг качества воды/водных растворов с возможностью последующего оперативного вмешательства/корректировки технологического процесса с целью оптимизации ресурсосбережения.

Автоматизированные системы осуществляют постоянный контроль качества воды, что позволяет оперативно реагировать на изменения и предотвращать отклонения от заданных параметров качества вод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, так как они являются средствами контроля качества воды (сточных, питьевых, оборотных и иных).

В качестве источника излучения может использоваться лазерный светодиод, электромагнитные излучатели и иное, что обеспечивает самое низкое потребление электроэнергии.

Высокая чувствительность позволяет определять низкие концентрации загрязняющих веществ. Обеспечение точных и воспроизводимые результаты при правильной калибровке.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Применимость

Фотоколориметрический анализ широко используется для определения и анализа множества химических соединений благодаря его точности и чувствительности. Перечень основных загрязняющих веществ, концентрации которых определяются с помощью фотоколориметрического анализа: Cl, NO, NO, PO^3, NH, цветность воды, Fe, Mn, Cu, Cr и его токсичные формы (например, хрома(VI)), фториды, фенолы, цианиды,

сульфиды, минерализация (солесодержание), пестициды и гербициды, Органические вещества: общий углерод, ХПК и БПК.

Фотоколориметрический анализ является важным инструментом в мониторинге и контроле качества воды, а также в других областях, где требуется точное и быстрое определение концентраций различных загрязняющих веществ.

Общеприменимы ко всем отраслям промышленности, во многих областях науки, в исследованиях, с учетом соответствия спецификации выбранного оборудования физическим параметрам сточных вод.

Возможность интеграции с другими системами управления и учета.

Экономика

Стоимость с модулями около 100 млн. теңге. Это контроль pH, давления в трубопроводе, расхода воды, температуры, маркерных веществ 2 ед. датчиков. Анализатор измерений нитрат-ионов, он предназначен для автоматизированных измерений аммонийного азот; анализатор для измерения массовой концентрации, фосфат-ионов; анализатор для автоматизированных измерений массовой концентрации нефтепродуктов в природных и промышленных водах, измерения ХПК и мутности.

5.5. Дистанционные методы измерения

5.5.1. Оптическое дистанционное зондирование

Техническое описание

Метод оптического дистанционного зондирования (ORS) – это особый тип методов дистанционного измерения, которое проводится вдали от точки или области, где происходит выброс загрязняющего вещества. Данные методы измеряют концентрацию загрязнителей воздуха на основе их взаимодействия с электромагнитным излучением, таким, как ультрафиолетовый, видимый или инфракрасный свет. Некоторые методы позволяют измерять одно или два соединения (например, TDL), другие – несколько соединений одновременно (например, УФ-DOAS), а третьи – большое количество соединений одновременно (например, FTIR).

Вместе с метеорологическими данными методы ORS позволяют рассчитывать интенсивность выбросов загрязняющих веществ с подветренной стороны от источников диффузных выбросов. Используются несколько методов ORS:

дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия (DOAS) позволяет измерять концентрации загрязнителей воздуха на основе их спектра поглощения;

FTIR-спектрометры и перестраиваемые диодные лазеры (TDL). Данные методы также зависят от поглощения света загрязняющими веществами. FTIR-спектрометры регистрируют интенсивность света в широком спектральном инфракрасном диапазоне с использованием преобразования Фурье, тогда как в TDL длина волны лазера настраивается по выбранной полосе поглощения загрязнителя.

дифференциальное поглощение LIDAR (DIAL). DIAL использует лазеры, направленные в атмосферу для измерения аэрозолей, пыли или газообразных

соединений. Концентрации получаются из отраженного или обратно рассеянного света на двух длинах волн: одна в полосе поглощения загрязнителя, а другая – за ее пределами. Отношение интенсивности обратно рассеянного света на двух длинах волн измеряется и комбинируется с временной задержкой обратного сигнала, что позволяет определять концентрацию загрязнителя и его местоположение.

поток солнечного затмения (SOF). SOF – это пассивный метод, использующий солнце в качестве широкополосного источника света. Система SOF состоит из спектрометра для измерения солнечного излучения, солнечного трекера для поддержания ориентации инструмента в зените Солнца и GPS для точного измерения местоположения относительно газового шлейфа. Система установлена на мобильном транспортном средстве, которое движется по заданному маршруту, пересекая направление ветра и проникая сквозь шлейфы выбросов.

Методы ORS имеют ряд преимуществ и ограничений. Преимуществом DIAL является его способность определять местоположение концентраций загрязняющих веществ, и более полные измерения диффузных выбросов, которые могут быть недооценены при использовании других методов. Однако количество длин волн, получаемые с помощью лазерной технологии, ограничено, как и количество загрязняющих веществ, которые можно отслеживать. Кроме того, DIAL является дорогим методом.

Методы оптического дистанционного зондирования (ORS) предоставляют мощные инструменты для мониторинга загрязнения воздуха, позволяя точно определять концентрации и местоположение различных загрязняющих веществ.

Достигнутые экологические выгоды

Методы оптического дистанционного зондирования (ORS) существенно способствуют улучшению экологической обстановки. Методы оптического дистанционного зондирования непрерывно и точно мониторят выбросы вредных веществ в атмосферу, что обеспечивает своевременное принятие мер по снижению уровня загрязнения воздуха.

Общее потребление первичной энергии

Методы ORS, такие, как DOAS, FTIR, TDL и DIAL, требуют минимальных затрат на первичную энергию. Основное потребление энергии связано с работой лазеров, инфракрасных источников излучения и систем обработки сигналов. В общем, данные системы являются энергоэффективными, так как используют современные технологии, минимизирующие энергозатраты при высоком уровне точности измерений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

OPC-методы обеспечивают высокую точность и чувствительность при измерении концентраций загрязняющих веществ в воздухе. Они позволяют проводить непрерывные и быстрые измерения в реальном времени, что критически важно для контроля выбросов и соблюдения экологических норм. Однако точность измерений

может снижаться под воздействием внешних факторов, таких, как температура и влажность, что требует регулярной калибровки и точной настройки оборудования.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Методы ORS применимы в различных промышленных условиях, включая энергетические, химические и металлургические предприятия. Методы ORS используются для непрерывного мониторинга выбросов вредных газов в воздуховодах и трубах различного диаметра и конфигурации. Методы ORS особенно полезны для точного контроля выбросов в реальном времени и обеспечения соответствия экологическим стандартам.

Экономические показатели

Методы ORS являются экономически эффективными решениями Снижение эксплуатационных затрат и возможность использования системы для мониторинга нескольких соединений одновременно делают данные методы выгодными для промышленных предприятий.

Эффект от внедрения

Внедрение методов ORS позволяет предприятиям значительно улучшить контроль за выбросами вредных веществ, что способствует соблюдению экологических норм и стандартов.

5.5.2. Другие методы дистанционного измерения

Техническое описание

Трассировочные газы. Этот метод заключается в выпуске трассировочного газа в различных идентифицированных точках или областях на различных высотах над поверхностью установки. Затем концентрации загрязнителя (например, ЛОС) и трассировочного газа измеряются по ветру от установки с помощью портативных приборов, которые могут использовать методы оптического дистанционного зондирования (OPC). Скорость выбросов определяется на основе простых предположений о потоке при условии почти стационарных условий и предполагая незначительные атмосферные реакции или осаждение газов между точками утечки и точками отбора проб.

Измерения качества окружающего воздуха. Качественный мониторинг диффузных выбросов проводится путем измерения качества окружающего воздуха по ветру от установки (например, с помощью диффузионного отбора проб или анализа мокрых и сухих осадков), что позволяет оценить эволюцию диффузных выбросов со временем, при условии, что их можно отличить от фоновых концентраций и других источников.

Обратное моделирование дисперсии (RDM). Метод обратного моделирования дисперсии (RDM) оценивает выбросы из источника или установки на основе данных о качестве воздуха, измеренных по ветру, и метеорологических данных. Для охвата всех

потенциальных источников выбросов обычно проводится мониторинг в нескольких точках.

Достигнутые экологические выгоды

Использование методов мониторинга с трассировочными газами, измерениями качества окружающего воздуха и обратным моделированием дисперсии (RDM) существенно улучшает экологическую обстановку. Данные методы позволяют точно определять и контролировать выбросы вредных веществ, что помогает своевременно принимать меры по их снижению. В результате уменьшается загрязнение воздуха, что положительно влияет на здоровье населения и состояние окружающей среды.

Общее потребление первичной энергии

Методы мониторинга, такие, как трассировочные газы и обратное моделирование дисперсии, требуют минимальных затрат на первичную энергию. Основные энергозатраты связаны с работой портативных приборов и систем обработки данных, которые используют современные технологии для минимизации энергопотребления. В целом, данные методы являются энергоэффективными и не требуют значительных ресурсов для своей работы.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Методы мониторинга обеспечивают высокую точность и надежность измерений и проводить непрерывные и быстрые измерения в реальном времени, что критически важно для контроля выбросов и соблюдения экологических норм. Точность измерений снижается под воздействием внешних факторов, таких, как температура и влажность, что требует регулярной калибровки и точной настройки оборудования.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Методы мониторинга с использованием трассировочных газов, измерений качества окружающего воздуха и обратного моделирования дисперсии применимы в различных промышленных условиях, включая энергетические, химические и металлургические предприятия. Методы мониторинга с использованием трассировочных газов используются для непрерывного мониторинга выбросов вредных газов и частиц, а также для оценки качества воздуха вблизи промышленных объектов. Данные методы особенно полезны для точного контроля выбросов и обеспечения соответствия экологическим стандартам.

Экономические показатели

Методы мониторинга являются экономически эффективными решениями по высокой точности и надежности. Снижение эксплуатационных затрат и возможность использования системы для мониторинга нескольких соединений одновременно делают данные методы выгодными для промышленных предприятий.

Эффект от внедрения

Внедрение методов мониторинга выбросов на предприятиях позволяет значительно улучшить контроль за выбросами вредных веществ, что способствует соблюдению экологических норм и стандартов.

5.5.2.1. Индикаторные газы

Техническое описание

Метод заключается в выпуске индикаторного газа в различных точках или определенных участках и на разной высоте над поверхностью установки. Концентрации загрязняющих веществ (например, ЛОС) и индикаторных газов измеряются с подветренной стороны от установки портативными приборами, которые могут полагаться на ORS. Уровни выбросов оцениваются из простых расчетов о потоках с почти стационарными условиями и с учетом незначительных атмосферных реакций или осаждения газов между точками утечки и точками отбора проб.

Достигнутые экологические выгоды

Методы мониторинга, такие, как выпуск индикаторного газа, измерения качества окружающего воздуха и обратное моделирование дисперсии (RDM), значительно улучшают экологическую обстановку. Метод использующий выпуск индикаторного газа позволяет точно определять и контролировать выбросы вредных веществ, что способствует своевременному принятию мер по их снижению.

Общее потребление первичной энергии

Методы мониторинга, такие, как использование индикаторных газов и обратное моделирование дисперсии, требуют минимальных энергозатрат. Основное потребление энергии связано с использованием портативных приборов и систем обработки данных. Приборы работают на современных технологиях, обеспечивающих низкое энергопотребление, что делает методы энергоэффективными и не требующими значительных энергетических ресурсов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Методы мониторинга обеспечивают высокую точность и надежность измерений. Точность измерений может снижаться под воздействием внешних факторов (температура и влажность), что требует регулярной калибровки и точной настройки оборудования.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Методы мониторинга с использованием индикаторных газов, измерений качества окружающего воздуха и обратного моделирования дисперсии применимы в различных промышленных условиях, включая энергетические, химические и металлургические предприятия. Методы используются для непрерывного мониторинга выбросов вредных газов и частиц, а также для оценки качества воздуха вблизи промышленных объектов.

Экономические показатели

Методы мониторинга являются экономически эффективными решениями благодаря своей высокой точности и надежности. Снижение эксплуатационных затрат и возможность использования системы для мониторинга нескольких соединений одновременно делают данные методы выгодными для промышленных предприятий.

Эффект от внедрения

Внедрение методов мониторинга выбросов на предприятиях позволяет значительно улучшить контроль за выбросами вредных веществ, что способствует соблюдению экологических норм и стандартов.

5.5.2.2. Измерения качества окружающего воздуха

Техническое описание

Качественный мониторинг диффузных выбросов может выполняться путем измерения качества окружающего воздуха с подветренной стороны от установки (к примеру, посредством отбора проб или анализа влажных и сухих отложений), что затем позволяет оценить эволюцию диффузных выбросов во времени при условии, что их можно отличить от фоновых концентраций и других источников [3, COM 2003].

Достигнутые экологические выгоды

Метод качественного мониторинга диффузных выбросов, основанный на измерении качества окружающего воздуха, позволяет точно контролировать и управлять выбросами вредных веществ.

Общее потребление первичной энергии

Метод качественного мониторинга диффузных выбросов требует минимального потребления первичной энергии. Основные энергозатраты связаны с работой приборов для отбора проб и анализа данных. Данные приборы работают на современных технологиях, обеспечивающих низкое энергопотребление, что делает метод энергоэффективным и не требующим значительных энергетических ресурсов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Метод качественного мониторинга обеспечивает высокую точность и надежность измерений и проводит непрерывные и быстрые измерения качества воздуха в реальном времени, что критически важно для контроля выбросов и соблюдения экологических норм. Точность измерений может зависеть от метеорологических условий и качества собранных данных, что требует регулярной калибровки и точной настройки оборудования.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Метод качественного мониторинга диффузных выбросов широко применим в различных промышленных условиях, включая энергетические, химические и металлургические предприятия. Метод качественного мониторинга диффузных выбросов используется для оценки выбросов загрязняющих веществ на основе данных

о качестве воздуха, измеренных с подветренной стороны от установки. Этот метод особенно полезен для контроля диффузных выбросов и оценки качества воздуха вблизи промышленных объектов.

Экономические показатели

Метод качественного мониторинга является экономически эффективным решением благодаря своей высокой точности и надежности.

Снижение эксплуатационных затрат и возможность мониторинга нескольких источников выбросов одновременно делают этот метод выгодным для промышленных предприятий.

Эффект от внедрения

Внедрение метода качественного мониторинга диффузных выбросов на предприятиях позволяет значительно улучшить контроль за выбросами загрязняющих веществ, что способствует соблюдению экологических норм и стандартов.

5.5.2.3. Моделирование обратной дисперсии (RDM)

Техническое описание

Моделирование обратной дисперсии (Reverse Dispersion Modeling, RDM), используемый для определения источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на основе данных о концентрациях данные веществ, измеренных в различных точках. В отличие от традиционного моделирования дисперсии, которое прогнозирует концентрации на основе известных источников выбросов, RDM направлено на идентификацию и количественную оценку неизвестных источников на основе наблюдаемых данных.

Моделирование обратной дисперсии не применяется при охвате высоких выбросов шлейфа.

Принцип действия RDM основан на сборе метеорологических данных и измерениях концентраций загрязняющих веществ в различных точках вокруг потенциальных источников выбросов. С последующим прямым моделированием дисперсии (создание модели, описывающей, как загрязняющие вещества распространяются от известных источников при данных метеорологических условиях) и обратным моделированием (использование наблюдаемых данных концентраций и метеорологических данных для расчета возможных источников выбросов, которые могут объяснить наблюдаемые концентрации).

Инверсные методы: применение математических и статистических методов для решения обратной задачи, то есть определения характеристик источников выбросов (их местоположение и интенсивность).

Многокритериальная оптимизация: оптимизация параметров модели для минимизации разницы между наблюдаемыми и смоделированными концентрациями.

Основные этапы моделирования обратной дисперсии:

1. Построение сетки измерений:

размещение датчиков для измерения концентраций загрязняющих веществ в стратегически важных точках вокруг предполагаемых источников;

2. Сбор и обработка данных:

сбор данных о концентрациях загрязняющих веществ и метеорологических условиях за определенный период времени;

предварительная обработка данных для устранения шумов и ошибок измерений;

3. Создание модели дисперсии:

построение модели прямой дисперсии для описания распространения загрязняющих веществ от источников;

использование известных моделей, таких как AERMOD, CALPUFF или другие;

4. Анализ результатов и валидация:

сравнение результатов моделирования с наблюдаемыми данными для проверки точности модели;

внесение корректировок в модель при необходимости для повышения точности.

Достигнутые экологические выгоды

Метод обратного моделирования дисперсии (RDM) позволяет точно оценивать выбросы загрязняющих веществ, что способствует улучшению экологической ситуации, что помогает своевременно выявлять и контролировать источники выбросов, уменьшая загрязнение воздуха и положительно влияя на здоровье людей и состояние окружающей среды.

Общее потребление первичной энергии

Метод RDM требует минимального потребления первичной энергии. Основные энергетические затраты связаны с работой измерительных приборов и систем обработки данных, которые используют современные технологии, обеспечивающие низкое энергопотребление. В целом, RDM является энергоэффективным и не требует значительных ресурсов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Метод RDM обеспечивает высокую точность и надежность измерений. Он позволяет проводить непрерывные и оперативные измерения качества воздуха, что критически важно для мониторинга выбросов и соблюдения экологических норм. Точность измерений может зависеть от метеорологических условий и качества собранных данных, что требует регулярной калибровки и точной настройки оборудования.

Кросс-медиа эффекты

Отрицательного эффекта на другие экологические аспекты не выявлено.

Применимость

Метод RDM широко применим в различных промышленных условиях, включая энергетические, химические и металлургические предприятия. Метод RDM используется для оценки выбросов загрязняющих веществ на основе данных о качестве

воздуха, измеренных по ветру, и метеорологических данных. Метод RDM полезен для контроля диффузных выбросов и оценки качества воздуха вблизи промышленных объектов.

Метод RDM подходит для газообразных загрязняющих веществ, в случае твердых частиц это приводит к переоценке источников выбросов первичных твердых частиц. Причина в том, что общую концентрацию твердых частиц в воздухе составляют первичные (непосредственно выбрасываемые) частицы и вторичные частицы, образующиеся в результате химических реакций между газообразными загрязнителями (SOx, NOx, NH, ЛОС). Доля вторичных частиц увеличивается с уменьшением их размера.

Экономические показатели

Метод RDM является экономически эффективным решением благодаря своей высокой точности и надежности. Первоначальные затраты на установку и настройку систем могут быть значительными, но они компенсируются долгосрочной экономией на техническом обслуживании и калибровке. Снижение эксплуатационных затрат и возможность мониторинга нескольких источников выбросов одновременно делают метод RDM выгодным для промышленных предприятий.

Эффект от внедрения

Внедрение метода RDM на предприятиях позволяет значительно улучшить контроль за выбросами загрязняющих веществ, что способствует соблюдению экологических норм и стандартов. Точные и надежные измерения в реальном времени помогают оптимизировать производственные процессы, снижая выбросы загрязняющих веществ и улучшая качество воздуха.

6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

Общие положения

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не являются исчерпывающими. Могут использоваться другие техники, обеспечивающие качественный мониторинг уровней эмиссий и фиксацию технологических показателей эмиссий в окружающую среду.

Периоды усреднения и базовые условия для выбросов в атмосферу

Под уровнями выбросов в атмосферу понимается масса загрязняющего вещества в единице объема сухих отходящих газов при нормальных условиях (273,15 K, 101,3 кПа после вычитания содержания водяного пара, но без коррекции содержания кислорода), которая выражается как соотношение миллиграмм на кубический метр (мг/Нм3).

Для непрерывных измерений	Допустимые уровни эмиссий, связанные с применением НДТ, относятся к среднесуточным значениям (усредненные массовые концентрации за

	календарные сутки), которые являются средними значениями всех достоверных 20-минутных значений, измеренных в течение одних суток.
Для периодических измерений	Допустимые уровни эмиссий, связанные с применением НДТ, относятся к среднему значению не менее трех единичных проб, измеренных в течение 20 минут (если в профильном отраслевом справочнике по НДТ не указано иное условие)

Для основных стационарных организованных источников выбросов, не соответствующим критериям необходимости установления автоматизированной системы мониторинга выбросов, в целях контроля качества атмосферного воздуха рекомендуется проведение ежемесячного инструментального контроля уровней эмиссий маркерных загрязняющих веществ (если в профильном отраслевом справочнике по НДТ не указано иное условие).

Преобразование концентрации выбросов в базовый уровень кислорода

Для процессов сжигания различных видов топлива в целях выработки тепловой, механической, электрической энергии и извлечения серы из отработанных газов/ сернокислотных установок базовые условия для содержания кислорода приведены ниже.

Таблица 6.1. Базовые условия для содержания кислорода по типам установок

№ п/п	Типы установок	Ед. изм.	Условия базового уровня кислорода
1	Установка для сжигания жидких и/или газообразных видов топлива, в случае если операция осуществляется не в газовой турбине и/ или двигателе	мг/Нм3	3 % кислорода по объему
2	Газовые турбины и двигатели	мг/Нм3	15 % кислорода по объему
3	Дизельные двигатели	мг/Нм3	6 % кислорода по объему
4	Установка для извлечения серы из отработанных газов	мг/Нм3	3 % кислорода по объему

Ниже приведена формула для расчета концентрации выбросов при базовом уровне кислорода (базовый уровень кислорода представлен в отраслевых справочниках по НДТ, при отсутствии рекомендуется применять содержание кислорода по представленным данным таблицы 6.1.).

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} \times E_M;$$

где:

E_R
– концентрация выбросов, скорректированная на базовый уровень кислорода (мг/Нм3);

O_R
– базовый уровень кислорода (% по объему);

E_M
– концентрация выбросов, указанная на измеренный уровень кислорода (мг/Нм3);

O_M
– измеренный уровень кислорода (% по объему).

Примечание: в автоматизированных системах мониторинга данный критерий учитывается при внедрении на производстве/источнике загрязнения.

НДТ по сбросам в воду относятся к следующим аспектам:

Уровни загрязняющих веществ в сбросах определяются как значения концентрации (массы сбрасываемого вещества на объем воды) и выражаются как соотношение миллиграмм на литр (мг/л). Периоды усреднения и базовые условия для сбросов сточных вод определены в профильных отраслевых справочниках по НДТ.

Если не указано иное, периоды усреднения для уровней сбросов, связанных с НДТ, определяются следующим образом:

Среднесуточные	Среднее значение за период отбора проб, равный 24 часам, взятых в качестве составной пробы, пропорциональной расходу, или, при условии, что продемонстрирована достаточная стабильность потока, из пробы, пропорциональной времени

6.1. Общие НДТ

НДТ 1. НДТ заключается во внедрении и соблюдении системы экологического менеджмента (СЭМ) для улучшения общих экологических показателей объектов/ источников загрязнения и систем очистки.

Экологическая эффективность: СЭМ способствует и поддерживает постоянное улучшение экологических показателей установки. Если установка уже имеет хорошие общие экологические характеристики, то СЭМ помогает оператору поддерживать высокий уровень экологической эффективности.

НДТ 2. Для эффективного мониторинга и контроля эмиссий в окружающую среду НДТ предусматривает внедрение систем автоматизированного мониторинга.

Основные техники мониторинга эмиссий на стационарных организованных источниках выбросов и их описание представлены в разделе 5 настоящего справочника по НДТ.

НДТ 3. Для эффективного использования энергии НДТ предусматривает использование подходящей комбинации техник, приведенных ниже:

№ п/п	Техника	Описание
1	2	3
1	Проведение "Пинч-анализа"	Техника, основанная на систематическом расчете термодинамических показателей для минимизации потребления энергии. Используется в качестве инструмента для оценки общих конструкций систем.
2	Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП) в интеграции с АСМ	АСУТП предназначена для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления, в том числе обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с принятым критерием. Система может автоматически регулировать работу оборудования (например, котлов, печей, реакторов) для поддержания выбросов на минимально возможном уровне.
3	Автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов	АСКУЭ – система электронных программно-технических средств для автоматизированного, в реальном масштабе времени дистанционного измерения, сбора, передачи, обработки, отображения и документирования процесса выработки, передачи или потребления энергоресурсов (электроэнергии, тепла, газа, воды и т.д.) по заданному множеству пространственно-распределенных точек их измерения.

НДТ 4. Для мониторинга, контроля и сокращения энергопотребления, улучшения операционной деятельности, поддержания рациональной организации производства НДТ предусматривает использование соответствующих комбинаций техник, приведенные ниже.

№ п/п	Техника	Эффект от внедрения

1	Инициирование системы стимулирования энергосбережения	Для содействия выявлению областей улучшения
2	Регулярное проведение энергоаудитов	Для обеспечения соответствия деятельности предприятия внешним и внутренним нормативным документам
3	План снижения энергопотребления	Установить цели и стратегии для улучшения операционной деятельности
4	Проведение мероприятий по интенсификации горения	Определение области улучшения (например, соотношение воздух/ топливо, температура выхлопной трубы, конфигурация горелки, конструкция печи)
5	Участие в мероприятиях по ранжированию/бенчмаркингу в потреблении энергии	Проверка независимым органом

Экологическая эффективность: все меры по снижению потребления энергии приведут к сокращению выбросов в атмосферу, включая CO2. Любая техника по энергосбережению оказывает влияние на загрязнение окружающей среды из-за предельного расхода топлива.

НДТ 5. Для эффективного снижения энергозатрат, ресурсопотребления, а также снижения уровней эмиссий в окружающую среду применяется стратегия управления производством.

Управление производством представляет собой целый комплекс мероприятий, направленных на достижение максимально возможных выгод производства продукции, экологической безопасности. Описание данной техники не устанавливает конкретные шаги и предоставляет операторам объектов возможность действий для сокращения показателей эмиссий маркерных веществ в окружающую среду, повышения энергоэффективности технологических процессов и сокращения потребления сырьевых ресурсов с увеличением производства продукции соответствующего качества.

Экологическая эффективность: постепенное сокращение выбросов/сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду от производственных процессов. Для загрязняющих опасных веществ – прекращение или поэтапное снижение сбросов. Повышение уровня ресурсосбережения.

НДТ 6. НДТ предусматривает непрерывный мониторинг выбросов в атмосферный воздух путем инструментальных замеров с частотой не менее той, которая указана в отраслевых справочниках по НДТ в соответствии с требованиями, установленными в законодательных и подзаконных актах Республики Казахстан в области охраны окружающей среды.

В отраслевых справочниках по НДТ указывается периодичность мониторинга эмиссий в окружающую среду с соответствующими технологическими показателями,

необходимыми для соблюдения в соответствии с требованиями, экологического законодательства Республики Казахстан.

НДТ 7. Для формирования полной информационной базы по установкам/объектам не оснащаемым АСМ, с целью контроля и прогнозирования уровня эмиссий, а также исключения человеческого фактора при проведении мониторинга необходимо осуществлять периодический контроль используя инструментальные и расчетные методы измерения уровней эмиссий в окружающую среду.

Основные методы анализа представлены в разделах 4.1. – 4.5. настоящего справочника по НДТ.

НДТ 8. Для снижения сбросов загрязняющих веществ применяется стратегия управления водными ресурсами

Данная техника представляет собой стратегию выявления и сокращения сбросов в воду веществ, классифицированных как маркерные загрязняющие вещества, а также сокращение потребления водных ресурсов.

Соответствующая стратегия реализована в системе мониторинга и включать следующие мероприятия:

1) снижение потребления воды (экономия);

2) раздельный сброс с установок через локальные очистки;

3) максимальное повторное использование воды;

4) автоматический мониторинг состава воды для процессов химической и биологической очистки в сочетании с лабораторными методами;

5) установление нормативов сбрасываемых веществ с учетом региональных требований;

6) мониторинг на основе утвержденных программ, согласованных с компетентными государственными органами;

7) установка предписаний отбора проб для мониторинга при нормальных условиях эксплуатации (временный или постоянный план);

8) определение наиболее подходящего периода для проведения временного мониторинга при планировании, например, шестимесячного или ежегодного, если значения очень низкие, и выполнение плана;

9) анализ результатов и разработка конкретного плана действий по сокращению сбросов соответствующих веществ, которые будут включены в систему экологического мониторинга.

Экологическая эффективность: постепенное сокращение сбросов загрязняющих веществ. Для загрязняющих опасных веществ – прекращение или поэтапное прекращение сбросов.

6.2. Непрерывный мониторинг выбросов в атмосферный воздух

НДТ 9. Для качественного мониторинга и контроля эмиссий в атмосферный воздух от производственной деятельности необходимо осуществлять контроль качества

выбросов на границе воздействия путем проведения инструментальных замеров (предпочтительно посредством внедрения стационарных постов).

Автоматический контроль выбросов качества атмосферного воздуха на границе области воздействия представляет собой систему мониторинга, которая непрерывно и автоматически анализирует состав атмосферного воздуха на границе и вблизи границы зоны воздействия промышленных или других источников выбросов. Краткое описание представлено в разделе 5.2.1. настоящего справочника по НДТ.

НДТ 10. НДТ предусматривает непрерывный мониторинг эмиссий в атмосферный воздух посредством интеграции в АСМ профильных и универсальных датчиков мониторинга выбросов загрязняющих веществ.

№ п/п	Техники	Загрязняющие вещества	Применимость
1	2	3	4
1	Недисперсионный инфракрасный метод (NDIR)	Метод широко используется для минимизации помех при измерении таких газов, как CO2 и H2O, и позволяет создавать высокочувствительные и точные анализаторы для мониторинга различных газов, таких, как NH3, CO, HCl, CH4, NOx и SO2.	Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия анализируемых параметров эмиссий и спецификации выбранного оборудования.
2	Инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье (FTIR)	Позволяет контролировать широкий спектр газов, таких как NH3, CO, HCl, HF, CH4, NOx, и SO2.	Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия анализируемых параметров эмиссий и спецификации выбранного оборудования.
3	Спектрометрия поглощения диодного лазера (туннельные диодные лазеры, TDL)	TDL-анализаторы широко применяются в экологическом мониторинге для точного измерения концентраций газов, таких, как NH3, HCl, HF, CH4, NOx и SO2 , в выбросах и окружающей среде.	Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия анализируемых параметров эмиссий и спецификации выбранного оборудования.
4	Дифференциальное оптическое поглощение спектроскопии (DOAS)	Мониторинг реактивных газов, таких как HCl и NH3, а также такого ЗВ как Hg.	В системах АСМ неэкстрактивного типа

5	Недисперсионная ультрафиолетовая спектроскопия (NDUV)	Основные соединения, которые измеряются с помощью таких NDUV-анализаторов: SO2, NO, NO2, H2S, HCl, HF, NH3.	Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия анализируемых параметров эмиссий и спецификации выбранного оборудования.
6	Атомно-абсорбционная спектрометрия (AAS)	Используется для анализа широкого спектра металлов, включая: тяжелые металлы: Cd, Pb, Hg, As; переходные металлы: Fe, Ni, Co, Cu, Zn, Cr; щелочные и щелочноземельные металлы: Na, K, Ca, Mg, Li, Ba, Sr; прочие металлы и полуметаллы: Al, Se, Si, Sb.	
7	Атомно-флюоресцентная спектроскопия (AFS)	Основные газы, которые могут быть измерены косвенно: Hg, гидриды металлов AsH3, SbH3, GeH4, H2Se и CH3Hg.	
8	Газо-фильтрационная корреляция (GFC)	Определение загрязняющих веществ CO, CO2, NOx, SOx, HCl, CH4, NH3, H2S, HCl и HF в атмосферном воздухе, включая летучие органические соединения, CO, CH и другие компоненты.	Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия анализируемых параметров эмиссий и спецификации выбранного оборудования.
9	Оптические методы. Недисперсионный ультрафиолетовый анализатор	Измерение концентрации общей пыли, частиц PM10, PM2.5 и мониторинга SO2, NOX.	
10	Оптические методы. Оптическая сцинтилляция	Мониторинг твердых частиц.	
11	Оптические методы. Хроматография газов	Летучие органические соединения, CO.	
12	Оптические методы. Электрохимические датчики	Содержание угарного газа на территории промышленных объектов.	
13	Трибоэлектрический метод	Измерение твердых частиц ниже 0,1 мг/м.	

Описание представлено в разделах 5.1.2., 5.1.3. настоящего справочника по НДТ.

НДТ 11. НДТ предусматривает непрерывный мониторинг эмиссий в атмосферный воздух посредством внедрения АСМ с целью контроля физических параметров газов.

№ п/п	Техники	Описание	Применимость
1	2	3	4
1	Ультразвуковые методы определения скорости потока газа	Измерение скорости потока газа Точность метода высока, а диапазон измерений составляет от 0,1 до 40 м/с. Пыль не взаимодействует с измерительными элементами, что позволяет эффективно работать в кислотных и запыленных средах.	Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия анализируемых параметров эмиссий и спецификации выбранного оборудования
2	Трубка Пито	Применяется для непрерывных измерений выбросов вредных веществ в промышленных условиях, особенно для определения скорости и объема воздушного потока в дымовых трубах и вытяжных системах	
3	Корреляционный метод	Измерение скорости потока и расхода.	Корреляционные расходомеры рекомендуются для использования на угольных станциях
4	ИК-кросс-корреляция турбулентности (инфракрасные детекторы)	Измерение скорости потока, концентрации газов и других параметров. Определение загрязняющих веществ CO, CO2, NOX, SOX, HCl, CH4, NH3, H2S, HCl и HF.	Общеприменимы ко всем отраслям промышленности с учетом соответствия анализируемых параметров эмиссий и спецификации выбранного оборудования
5	Тепловые массовые расходомеры	Мониторинг выбросов вредных веществ, предоставляя точные данные о массовом расходе газов в процессах выброса	

Описание представлено в разделе 5.1.4. настоящего справочника по НДТ.

НДТ 12. НДТ предусматривает внедрение АСМ по мониторингу состава газов, выбрасываемых на факельные установки.

№ п/п	Контролируемые параметры	Техники
1	Объемный расход газа	Ультразвуковые методы определения скорости потока газа и расходомеры. Трубка Пито. Корреляционный метод.
2	Плотность газа	Тепловые массовые расходомеры. Ультразвуковые методы определения скорости потока газа и расходомеры.
3	Сероводород (H2S)	Газо-фильтрационная корреляция (GFC). ИК-кросс-корреляция турбулентности (инфракрасные детекторы). Недисперсионный инфракрасный метод (NDIR). Инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье (FTIR). Спектрометрия поглощения диодного лазера (туннельные диодные лазеры, TDL).
4	Углерода оксид-сульфид (COS), углерода сульфид (сероуглерод – CS2)*	Электрохимические методы (электрохимический сенсор).
5	Меркаптаны	Газовая хроматография. Газовая хроматография в сочетании с масс-спектрометрией. Фотометрические методы. Электрохимические методы.

* проведение инструментальных замеров по контролируемым компонентам (углерода оксид-сульфид (COS), углерода сульфид (сероуглерод – CS2) определяется при наличии в действующем законодательстве Республики Казахстан соответствующих методик/правил проведения мониторинга состава газов, выбрасываемых на факельные установки.

Описание представлено в разделе 5.3. настоящего справочника по НДТ.

НДТ 13. НДТ предусматривает мониторинг выбросов на факельных установках посредством внедрения подфакельных наблюдений.

Подфакельные наблюдения включают измерение концентраций примесей под осью факела выбросов из труб промышленных объектов. Местоположение точек для отбора

проб воздуха, используемых для определения концентраций вредных веществ, меняется в зависимости от направления факела. Описание представлено в разделе 5.3.4. настоящего справочника по НДТ.

НДТ 14. НДТ предусматривает мониторинг выбросов с учетом внедрения дистанционных методов мониторинга.

Дистанционные методы мониторинга включают в себя:

Методы оптического дистанционного зондирования (ORS) – этот метод измеряет концентрацию загрязнителей воздуха на основе их взаимодействия с электромагнитным излучением, таким, как ультрафиолетовый, видимый или инфракрасный свет.

FTIR-спектрометры и перестраиваемые диодные лазеры (TDL): данные методы также зависят от поглощения света загрязняющими веществами. FTIR-спектрометры регистрируют интенсивность света в широком спектральном инфракрасном диапазоне с использованием преобразования Фурье, тогда как в TDL длина волны лазера настраивается по выбранной полосе поглощения загрязнителя.

Дифференциальное поглощение LIDAR (DIAL): DIAL использует лазеры, направленные в атмосферу, для измерения аэрозолей, пыли или газообразных соединений. Отношение интенсивности обратно рассеянного света на двух длинах волн измеряется и комбинируется с временной задержкой обратного сигнала, что позволяет определять концентрацию загрязнителя и его местоположение.

Поток солнечного затмения (SOF): SOF – метод, использующий солнце в качестве широкополосного источника света. Система SOF состоит из спектрометра для измерения солнечного излучения, солнечного трекера для поддержания ориентации инструмента в зените Солнца и GPS для точного измерения местоположения относительно газового шлейфа.

Моделирование обратной дисперсии (Reverse Dispersion Modeling, RDM) – это метод, при котором в отличие от традиционного моделирования дисперсии, прогнозирующем концентрации на основе известных источников выбросов, RDM направлено на идентификацию и количественную оценку неизвестных источников на основе наблюдаемых данных. Чтобы охватить все потенциальные источники выбросов, обычно проводят мониторинг в нескольких точках.

Метод RDM подходит для газообразных загрязняющих веществ; в случае твердых частиц это приводит к переоценке источников выбросов первичных твердых частиц, поскольку стандартные модели дисперсии не учитывают вклад вторичных частиц в общую концентрацию частиц в атмосфере.

Принципы действия RDM основан на сборе метеорологических данных и измерениях концентраций загрязняющих веществ в различных точках вокруг потенциальных источников выбросов. С последующим прямым моделированием дисперсии (Создание модели, описывающей, как загрязняющие вещества

распространяются от известных источников при данных метеорологических условиях) и обратное моделирование (Использование наблюдаемых данных концентраций и метеорологических данных для расчета возможных источников выбросов, которые объясняют наблюдаемые концентрации).

Описание представлено в разделе 5.5. настоящего справочника по НДТ.

6.3. Непрерывный мониторинг сбросов в водные объекты

Непрерывный мониторинг сбросов в водные объекты осуществляется в соответствии с положениями данного раздела, если не предусмотрено иное.

НДТ 15. НДТ заключается в мониторинге сбросов загрязняющих веществ в каждом выпуске сточных вод с минимально определенной частотой.

НДТ заключается в мониторинге сбросов маркерных загрязняющих веществ в месте выпуска сточных вод. Частота мониторинга сбросов, связанная с применением НДТ, принимается в соответствие с отраслевыми справочниками по НДТ.

В случае отсутствия периодичности мониторинга в профильном отраслевом справочнике по НДТ частота мониторинга принимается по таблице ниже:

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Частота мониторинга
1	2	3
1	Пруд-накопитель	
1.1	Взвешенные вещества	Ежеквартально
1.2	Железо (включая хлорное железо) по Fe	Ежеквартально
1.3	Нефтепродукты	Ежеквартально
1.4	Сульфаты (по SO4)	Ежеквартально
1.5	Хлориды (по Cl)	Ежеквартально
2	Пруд-испаритель	
2.1	Взвешенные вещества	Ежеквартально
2.2	Железо (включая хлорное железо) по Fe	Ежеквартально
2.3	Нефтепродукты	Ежеквартально
2.4	Сульфаты (по SO4)	Ежеквартально
2.5	Хлориды (по Cl)	Ежеквартально
2.6	Диэтаноламин/МДЭА(флексорб)/ метанол/этиленгликоль	Ежеквартально
2.7	Сероводород	Ежеквартально
3	Закачка в пласт с целью поддержания пластового давления	
3.1	Взвешенные вещества	Еженедельно
3.2	Железо (включая хлорное железо) по Fe	Еженедельно

3.3	Нефтепродукты	Еженедельно
3.4	Сероводород	Еженедельно
4	Утилизация в недра	
4.1	Взвешенные вещества	Еженедельно
4.2	Железо (включая хлорное железо) по Fe	Еженедельно
4.3	Нефтепродукты	Еженедельно
4.4	Сероводород	Еженедельно
4.5	Сульфаты (по SO4)	Еженедельно
4.6	Хлориды (по Cl)	Еженедельно

1) относится к составной пробе, пропорциональной потоку, взятой в течение 24 часов, или, при условии, что продемонстрирована достаточная стабильность потока, к образцу, пропорциональному времени;

2) в отношении установления технологических нормативов в сбросах сточных вод в пруды-накопители и пруды-испарители норма не будет распространяться при условии их соответствия требованиям, применяемым в отношении гидротехнических сооружений с подтверждением отсутствия воздействия на поверхностные и подземные водные ресурсы по результатам мониторинговых исследований за последние 3 года;

3) установление факта негативного воздействия на поверхностные и подземные водные ресурсы свидетельствует о нарушении требований, применяемых к гидротехническим сооружениям. В этом случае количественные показатели эмиссий соответствуют действующим санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды по отношению к местам культурно-бытового водопользования.

НДТ 16. НДТ предусматривает непрерывный мониторинг физических параметров вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты посредством внедрения АСМ.

№ п/п	**Контролируемые параметры**	**Техники**
1	Температура	Термометры сопротивления, термопары, манометрические термометры, бесконтактные средства измерения температуры вод – пирометры.
2	Расходомер	Ультразвуковые приборы учета, электромагнитные приборы учета, механические с импульсным выходом
3	Водородный показатель	pH-метры
4	Электропроводность	Измерение электропроводности: электродными датчиками, индуктивными датчиками.

		Мутность оптических	
5	Мутность		

		турбидиметров (фотометр) и нефелометрии.

Описание представлено в разделе 5.4.1. настоящего справочника по НДТ.

НДТ 17. НДТ предусматривает непрерывный мониторинг качественных показателей воды посредством внедрения АСМ.

В основе автоматизированной системы учета воды имеется фотоколориметрический анализ. Это избирательное поглощение электромагнитных излучений различных участков спектра атомом, ионом и/или молекулой анализируемого вещества.

Поглощая квант света, ион, атом или молекула переходят в более высокое энергетическое состояние. Переход с основного, невозбужденного уровня на более высокие и возбужденные уровни. Такие электромагнитные переходы вызывают появление в спектрах поглощающих частиц строго определенных полос поглощения, основанных на пропорциональной зависимости между светопоглощением и концентрацией поглощающего вещества. Описание представлено в разделе 5.4.2. настоящего справочника по НДТ.

6.4. Требования по ремедиации

Согласно Экологическому кодексу под ремедиацией признается комплекс мероприятий по устранению экологического ущерба посредством восстановления, воспроизводства компонента природной среды, которому был причинен экологический ущерб, или, если экологический ущерб является полностью или частично непоправимым, по замещению такого компонента природной среды. Ремедиация проводится при выявлении факта экологического ущерба:

животному и растительному миру;

подземным и поверхностным водам;

землям и почве.

Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ является одним из инструментов исполнения принципа предотвращения в рамках регулирования экологических отношений, допускающий осуществление любой деятельности при условии наличия необходимых мер по предотвращению причинения экологического ущерба.

Особенности ремедиации компонентов природной среды с учетом специфик отдельных видов деятельности отражены в соответствующих отраслевых справочниках по НДТ.

При обнаружении фактов экологического ущерба компонентам природной среды по результатам производственного и (или) государственного экологического контроля, причиненного в результате антропогенного воздействия, и при закрытии и (или) ликвидации последствий деятельности, необходимо провести оценку изменения состояния компонентов природной среды в отношении состояния, установленного в базовом отчете или эталонного участка.

Лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, предпринимает соответствующие меры для устранения такого ущерба, чтобы восстановить состояние участка, следуя нормам Экологического кодекса и методическим рекомендациям по разработке программы ремедиации.

Лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, принимает необходимые меры по удалению, сдерживанию или сокращению эмиссий соответствующих загрязняющих веществ, а также по проведению контрольного мониторинга в сроки и с периодичностью, установленными с учетом текущего или будущего утвержденного целевого назначения участка, чтобы участок больше не создавал значительного риска для здоровья человека и не причинял ущерб окружающей среде вследствие загрязнения компонентов природной среды.

Определение иных технологических показателей, связанных с применением НДТ, в том числе уровней потребления энергетических, водных и иных ресурсов в настоящем проекте справочника по НДТ является нецелесообразным.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, выражаются в количестве потребления ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги. Соответственно, установление иных технологических показателей обусловлено применяемой технологией производства. В результате анализа потребления энергетических, водных и иных (сырьевых) ресурсов, проведенного в разделе "Общая информация", получен вариативный ряд показателей, который зависит от многих факторов: качественные показатели сырья, производительность и эксплуатационные характеристики установки, качественные показатели готовой продукции, климатические особенности регионов и т.д.

Технологические показатели потребления ресурсов должны быть ориентированы на внедрение НДТ, в том числе прогрессивной технологии, повышение уровня организации производства, соответствовать наименьшим значениям (исходя из среднегодового значения потребления соответствующего ресурса) и отражать конструктивные, технологические и организационные мероприятия по экономии и рациональному потреблению.

7. Перспективные техники

Анализ текущих стратегий и политик ОЭСР [42, 43, 44], ЕС [45, 46, 47, 48, 49, 50, 51] и других источников показывает следующие общие тенденции развития, которые актуальны с точки зрения экологического мониторинга:

цифровизация общества в сочетании со стремительным развитием искусственного интеллекта;

декарбонизация общества;

фундаментальное ограничение загрязнения окружающей среды, особенно воздуха, воды и почвы;

развитие экономики замкнутого цикла.

Анализ текущих стратегий и политик ЕС и других доступных источников показывает, что общие тенденции отразятся на производственной деятельности, особенно в следующих областях:

1) роботизация промышленности в сочетании с появлением искусственного интеллекта [42, 44, 46, 52];

2) разработка систем управления производственными процессами с использованием искусственного интеллекта [42, 44, 46, 52, 53];

3) развитие безуглеродных/низкоуглеродных/чистых нулевых технологий [54].

Примечание: "чистые нулевые технологии" (net zero technologies) означают технологии возобновляемых источников энергии; технологии хранения электроэнергии и тепла; тепловые насосы; сетевые технологии; технологии возобновляемого топлива небиологического происхождения; технологии устойчивого альтернативного топлива; электролизеры и топливные элементы; передовые технологии производства энергии из ядерных процессов с минимальными отходами топливного цикла, небольшие модульные реакторы и лучшее в своем классе топливо; технологии улавливания, использования и хранения углерода; и технологии энергоэффективности, связанные с энергетическими системами [51];

4) производство железа и стали на основе водорода [55, 56];

5) использование CO2 при улавливании и утилизации в производстве (топливо, бетон) [57];

6) развитие технологий переработки отходов с акцентом на критически важное сырье [58, 59, 60].

Примечание: боксит, коксующийся уголь, литий, фосфор, Sb, полевой шпат, легкие редкоземельные элементы, скандий, As, CaF, Mg, Si, BaSO, Ga, Mn, Sr, Be, Ge, C, Ta, Bi , Hf, Nb, Ti, B, He, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, W, Co, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ca(PO), V, Cu, Ni.

Сопутствующим явлением вышеуказанных тенденций в отраслях промышленности является, с одной стороны, ужесточение существующих экологических стандартов, а с другой – введение новых.

В настоящее время наблюдается резкий рост использования искусственного интеллекта во всех сферах человеческой деятельности. Область экологического мониторинга не является исключением.

Значительные результаты были также достигнуты в применении искусственного интеллекта в области мониторинга качества воды [62].

Полученные знания очень быстро передаются на практику и в настоящее время на рынке уже доступны системы прогнозного мониторинга PEMS с использованием

искусственного интеллекта [63, 64] и аналогичные системы мониторинга качества воды с использованием искусственного интеллекта [65].

7.1. Комплексная система мониторинга с использованием искусственного интеллекта (комбинация системы непрерывного мониторинга выбросов с системой прогнозного мониторинга выбросов (PEMS), интегрированных с системой управления технологическим процессом, а возможно и с системой мониторинга воды)

Техническое описание

Хорошо известной и надежной системой мониторинга является система непрерывного мониторинга выбросов (АСМ), которая состоит из оборудования для извлечения и транспортировки проб, анализатора, а также оборудования и программного обеспечения для записи и обработки данных. АСМ можно разделить на три типа методов:

экстрактивный, который предполагает физическое извлечение пробы из дымовой трубы;

инструменты на месте, которые представляют собой автоматизированные инструментальные методы, использующие различные принципы обнаружения для непрерывных или периодических измерений выбросов;

методы, основанные на параметрах, являются возможной альтернативой установке традиционных АСМ.

Классифицируется на два класса методов, основанных на параметрах: суррогатные и прогнозирующие. Для определения соответствия источника стандарту выбросов можно использовать суррогаты. Получение значений параметров обычно требует тщательного тестирования и проверки. И прогнозные параметры применяются в тех случаях, когда взаимосвязь между условиями процесса и уровнями выбросов такова, что ее невозможно правильно описать одним параметром. Параметры прогнозного класса включают концепцию моделирования, которая в настоящее время играет важную роль в системах управления выбросами.

Система прогнозируемого мониторинга выбросов (PEMS), использует эмпирическую модель для прогнозирования концентрации выбросов на основе данных технологического процесса (расход топлива, нагрузка, рабочее давление и температура окружающего воздуха). Фактически, PEMS позволяет обеспечить способ получения непрерывного потока (оценочных) значений выбросов на технологических установках, где АСМ отсутствуют и где реализуется либо анализ на месте (т.е. периодический), либо метод кампании.

Системы PEMS все чаще используют искусственный интеллект (машинное обучение)

PEMS можно использовать в комбинации с АСМ в качестве резервного оборудования, если имеется АСМ, или как замену АСМ. В таких случаях заводу разрешается арендовать портативную АСМ для сбора достаточных данных о выбросах

для построения и проверки моделей. После сертификации моделей АСМ удаляется и заменяется системой виртуального анализатора.

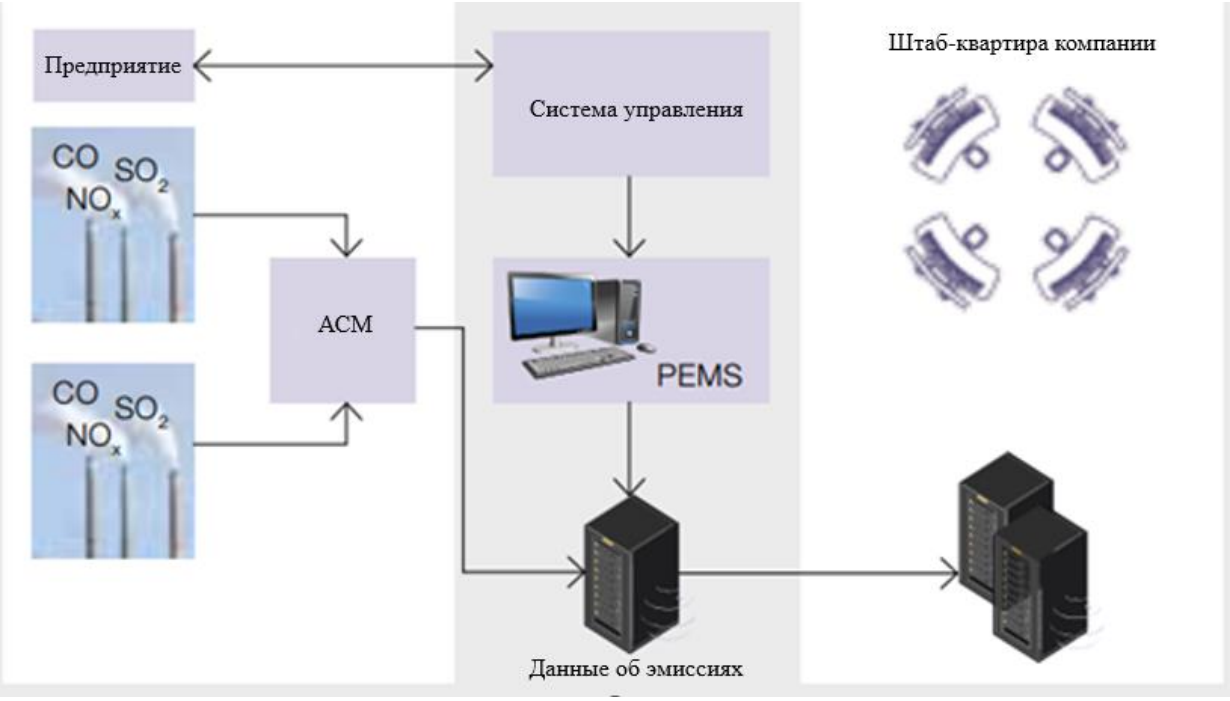


Рисунок 7.1. Возможная схема комбинации АСМ (CEMS) и PEMS (CEMS – это английский эквивалент аббревиатуры АСМ).

Источник: [63]

Независимо от того, какую роль PEMS играет, он обеспечивает множество преимуществ в различном применении.

Множество раз применение доказало, что программные системы столь же точны, как и аппаратные АСМ. Виртуальные анализаторы предлагают другие функции:

определить ключевые переменные, вызывающие выбросы;

провести автоматическую проверку датчиков;

восстанавливать уровни выбросов на основе исторических данных при выходе из строя аппаратного устройства;

дополнять и совершенствовать общие стратегии оптимизации процессов.

Фактические нормативные требования в основном настаивают на необходимости проведения периодических испытаний на дымовой трубе, а также постоянного мониторинга выбросов, чтобы доказать соблюдение законодательных ограничений и отслеживать возможные нарушения. Однако традиционная АСМ не может предвидеть нарушение предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ. PEMS позволяет напрямую коррелировать взаимосвязь между различными эксплуатационными параметрами, заранее прогнозировать выбросы предприятия и принимать меры по корректировке выбросов до того, как возникнут нарушения.

Система дополнена моделью качества воздуха (модель рассеивания или химического переноса), что позволит оценить влияние установки на качество воздуха в ближнем или дальнем окружении.

Достигнутые экологические выгоды

Фундаментальное преимущество Комплексной системы мониторинга (сочетание АСМ, PEMS, системы мониторинга воды и системы управления технологическим процессом) заключается в расширенной, простой и недорогой возможности общей оптимизации процесса, которая учитывает как минимизацию сбрасываемых загрязнений, так и максимизацию энергоэффективности с оптимальным выходом конечного продукта технологического процесса. Хорошо поверенная модель PEMS позволит проанализировать большое количество комбинаций экологических, энергетических, технологических и экономических параметров процесса за короткое время без необходимости физического вмешательства в процесс и физических измерений для определения оптимальной стратегии управления производством в виде НДТ 5.

Оптимизация имеет большое значение там, где НДТ определяется как комбинация нескольких мер (энергоэффективность, первичные методы сокращения выбросов оксидов азота) или когда доступны варианты методов (первичные и вторичные методы сокращения выбросов оксидов азота). Соотношение загрязняющих веществ в отходящих газах подлежат оптимизации.

Возможности для оптимизации расширяются за счет того, что количественные требования, связанные с НДТ (уровни выбросов, уровни энергоэффективности), почти всегда определяются как интервалы значений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Прямых экологических показателей по представленной технике не имеется, система является средствами контроля эмиссий. Эксплуатационные данные зависят от состава конкретной комплексной системы мониторинга и включают:

повседневную деятельность (обслуживающий персонал, потребление электроэнергии);

обработку, хранение и передачу данных и информации;

текущие технические работы (калибровка, аудит баллонного газа);

ежегодный обзор и обновление обеспечения качества, эксплуатации и обслуживания.

Кросс-медиа эффекты

Если система комплексного мониторинга также включает мониторинг воды, оптимизационные расчеты используются для определения условий, при которых перенос загрязнений между воздухом и водой исключается или, по крайней мере, сводится к минимуму.

Применимость

Комплексная система мониторинга подходит для крупных объектов, таких, как электростанции, нефтегазоперерабатывающие заводы или крупные металлургические или химические заводы.

Экономика

Общие инвестиционные и эксплуатационные затраты зависят от состава конкретной Комплексной системы мониторинга.

Цены на оборудование систем АСМ варьируются в достаточно широком диапазоне: продвинутую систему для одной точки измерения, которая одновременно измеряет все основные загрязняющие вещества (пыль, SO2, NOx, CO), и основные параметры процесса оцениваются примерно 20,1 млн. теңге (≈40 000 долларов США);

общая стоимость первых затрат (планирование, выбор оборудования, вспомогательные средства, приобретение оборудования CEMS, установка и проверка АСМ, тесты технических характеристик, план обеспечения/контроля качества) установки АСМ может более чем в два раза превышать цену оборудования;

годовые затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание составляют примерно 15 % от первых затрат на установку АСМ или до 30 % от стоимости оборудования.

Затраты на мониторинг воды значительно ниже по сравнению с мониторингом воздуха: цена многопараметрического анализатора непрерывного действия составляет несколько тысяч долларов США.

Система PEMS существенно дешевле системы АСМ: капитальные затраты на PEMS составляют от четверти до половины стоимости АСМ, а эксплуатационные затраты составляют около десятой части стоимости АСМ [68].

Оценка рынка PEMS

Мировой рынок PEMS оценивался в 2,92 миллиарда долларов США в 2023 году и, как ожидается, достигнет 4,39 миллиарда долларов США в 2030 году [69].



Рисунок 7.2. Мировой рынок PEMS.

Источник: Globe Newswire/MMR (30)

В отчете Market Research Future (MRFR) прогнозируется, что к 2030 году рынок систем прогнозируемого мониторинга выбросов достигнет даже 14,2 миллиарда долларов США [70].

Примеры промышленного внедрения

Системы АСМ в промышленности широко используются в 2022 году и составляют 78,3 % рынка мониторинга воздуха. Системы PEMS были в меньшинстве – 21,7 % в 2022 году, но ожидается их ежегодный рост почти на 10 %, поэтому в обозримом будущем они приобретут гораздо более значимые позиции на рынке [71].

В качестве примера: данные АСМ – прямые измерения в режиме реального времени концентраций PM, SO2 и NOx в дымовых газах китайских электростанций – отслеживаются китайской сетью CEMS и передаются в Министерство экологии и окружающей среды Китая (MEE; http://www.envsc.cn/). Данные АСМ записываются по источнику и ежечасно. В общей сложности набор данных АСМ охватывает 4622 источника выбросов (т.е. выхлопные трубы электростанций), связанных с 5606 энергоблоками (на которые приходится 98 % теплоэнергетических мощностей Китая), 35064 часов с 2014 по 2017 год и 3 загрязнителями воздуха (т.е. твердые вещества, SO2 и NOx) для каждого образца источника в час [72].

Усовершенствованная система PEMS с использованием ИИ – пример [73].

Решение PEMS от ABB было успешно внедрено в одной из крупнейших нефтегазовых компаний в регионе Персидского залива для измерения выбросов газовых турбин. Для разработки наиболее подходящих моделей для PEMS использовался временный анализатор АСМ для сбора необходимых данных о выбросах , при этом данные процесса одновременно собирались непосредственно из распределенной системы управления предприятием (DCS). Сбор данных был тщательно разработан при поддержке операторов предприятий, чтобы охватить самый широкий диапазон технологических условий.

Обработка данных, разработка модели, автономная проверка и внедрение на объекте выполнялись с использованием фирменного программного обеспечения ABB Inferential Modeling Platform. Обработка данных является ключевой задачей при разработке эмпирической модели и включает в себя важные этапы.

На основании эмпирической модели определена оптимальная частота выборки, чтобы обеспечить наличие адекватного набора репрезентативных записей для целей моделирования. Затем были применены сложные статистические и математические методы для выбора наиболее релевантных параметров, которые будут включены в качестве входных переменных для моделей. Для доработки модели использовались алгоритмы нейронных сетей, поскольку они оказались наиболее эффективными и надежными с точки зрения точности и надежности.

Окончательная система PEMS была интегрирована с DCS и другой инфраструктурой автоматизации предприятия.

После установки система была подвергнута оценке и сертификации Агентства по охране окружающей среды США (US EPA) уполномоченной сторонней компанией. В ходе этого процесса оценки выбросов PEMS сравнивались со значениями, измеренными АСМ в различных условиях эксплуатации, что позволяло определить относительную точность системы PEMS.

Поскольку характеристики каждого выброса соответствовали требованиям Агентства по охране окружающей среды США (US EPA), система была сертифицирована и принята заказчиком.

Нефтеперерабатывающие заводы в Италии и Средиземноморском регионе также внедрили ABB PEMS и имеют аналогичный положительный опыт.

Эффект от внедрения

Внедрение комплексной системы мониторинга, скорее всего, принесет прямые эффекты как в области снижения загрязнения окружающей среды, так и в области экономии энергии и сырья.

7.2. Технология гиперспектральной визуализации газового облака (Gas Cloud Imaging)

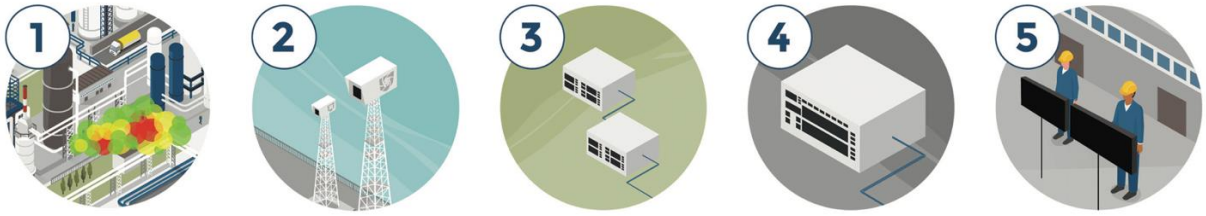
Техническое описание

Каждый газ имеет уникальную спектральную сигнатуру/след излучения/ поглощения в своей области сигнатур/следа, что позволяет различать газы. Новейшие спектральные анализаторы анализирует гиперспектральные данные с каждого пикселя изображения со скоростью 60 раз в секунду для идентификации более 50 газов. Камера фиксирует утечку газа в виде видимого облака, которое записывается на видео. Также отображается размер газового облака и направление его движения. Как только камера фиксирует утечку газа, срабатывает система управления тревогами, оповещая соответствующие службы по электронной почте.

Камеры GCI используют гиперспектральную технологию визуализации для захвата как видимого спектра, так и инфракрасного спектра с целью мониторинга, количественной оценки и отображения более 50 типов газов. Функция панорамирования, наклона и увеличения изображения, камеры охватывают большую, запрограммированную область и быстро перемещаются в любую интересующую область. Камеры GCI обычно в 100 раз точнее, чем традиционное оборудование, поэтому дополнительного оборудования для обнаружения газа не требуется. Самокалибрующиеся камеры работают круглосуточно в любых погодных условиях.

В стандартной комплектации к данным камерам используется сервер для хранения данных измерений. Используя ИИ (машинное обучение) с учетом всех накопленных данных по измерениям с камер, проходит улучшение алгоритма распознавания и обнаружения газов в программном обеспечении.

Управляемое искусственным интеллектом, программное обеспечение управляет аналитикой через собственный пользовательский интерфейс и отображает видеоматериалы в режиме реального времени. Выделенный сервер обладает исключительной емкостью хранения и вычислительной мощностью. Программное обеспечение способно управлять до 4 ТБ данных ежедневно от нескольких камер GCI. Операторы могут следить за потоками с камер и при необходимости корректировать их движение через системы блочного управления. Уровни тревоги при превышении концентрации допустимых норм содержания газов встроены в программное обеспечение [74].



1 – выброс газа на объекте; 2 – CGI камеры обнаруживают выброс; 3 – анализатор обрабатывает данные в режиме реального времени для обнаружения, идентификации и отслеживания источника утечки газа; 4 – система цифровой видеозаписи отправляет результаты записи и ее анализа оператору; 5 – операторы могут принять соответствующие действия.

Рисунок 7.3. Принцип работы CGI камер.

Достигнутые экологические выгоды

Гиперспектральная визуализация газового облака обладает потенциальными экологическими выгодами, автоматизированный контроль качества воздуха с возможностью оперативного вмешательства и корректировки процессов для уменьшения энергопотребления, экономии ресурсов, сокращения выбросов в окружающую среду и уменьшения объема отходов. Также потенциальной выгодой является предотвращение утечек до 50 видов газов, включая оксиды углерода, оксид азота, сероводород, сероокись углерода, сероуглерод на промышленных объектах [75].

Кросс-медиа эффекты

Применение данной технологии не ведет к негативным последствиям для окружающей среды.

Применимость

Стационарные посты мониторинга используются для мониторинга до 50 видов газов, включая оксиды углерода, оксид азота, сероводород, сероокись углерода, сероуглерод.

Экономика

Цена за единицу CGI камеры около 8 млн. теңге (≈16 000 долларов США). В комплект входит программное обеспечение. Серверное оборудование приобретается отдельно. В цену также не входят доставка и установка на промышленном объекте.

Эффект от внедрения

Непрерывный мониторинг позволит оперативно реагировать на повышение содержания до 50 видов газов, включая оксиды углерода, оксид азота, сероводород, сероокись углерода, сероуглерод на территории промышленных объектов.

Примеры внедрения

Объекты промышленности в странах ОЭСР.

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Справочник по НДТ подготовлен в рамках государственного задания по бюджетной программе 044 "Содействие ускоренному переходу Казахстана к "зеленой экономике" путем продвижения технологий и лучших практик, развития бизнеса и инвестиций" в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса и при экспертной поддержке Офиса программ Организации по безопасности и сотрудничеству в Европе в Астане.

Разработка справочника по НДТ проводилась группой независимых экспертов, представленной технологами, экологами, специалистами по энергоэффективности.

Подготовка настоящего справочника по НДТ осуществлялась при участии технической рабочей группы, созданной приказом председателя Правления Центра. В состав технической рабочей группы вошли представители субъектов промышленности по соответствующим областям применения справочника по НДТ, государственные органы в области промышленной безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения, научные и проектные организации, экологические и отраслевые ассоциации.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии с пунктом 3 статьи 113 Экологического кодекса, директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и /или сбросах (о комплексном предупреждении и контроле загрязнений), а также методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника по НДТ.

Проведенный анализ и систематизация информации промышленности о количестве выбрасываемых загрязняющих веществ, включая подфакельные наблюдения, видах проводимого мониторинга и методах анализа, применяемых в отрасли технологиях и оборудовании.

При подготовке справочника по НДТ изучался европейский подход ведения мониторинга эмиссий.

Структура справочника по НДТ разработана по результатам проведенной работы в части обобщения программ производственного экологического контроля операторов объектов Республики Казахстан, а также ориентируясь на наилучший мировой опыт.

К перспективным технологиям отнесены передовые технологии на стадии научно-исследовательских работ и научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применяемые на практике или в качестве опытно-промышленных установок.

По итогам подготовки справочника по НДТ сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником, и внедрения НДТ:

предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду, в

особенности маркерных, в целях проведения анализа, необходимого для последующих этапов разработки справочника, в том числе в целях пересмотра перечня маркерных загрязняющих веществ и технологических показателей, связанных с применением НДТ ;

внедрение автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду является необходимым инструментом получения фактических данных по эмиссиям маркерных загрязняющих веществ и пересмотра технологических показателей маркерных загрязняющих веществ;

при модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует ориентироваться на повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Библиография

1. Экологический кодекс Республики Казахстан, Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК. – Парламент Республики Казахстан. –Нур-Султан. – 2021. – 549 с.
2. European Comission, 2003.
3. Netherlands Emission Guidelines for Air, 2012.
4. IMPEL Network, 2001.
5. Technical Guidance Note M2, 2017.
6. 3, COM 2003.
7. Air Quality Monitoring System Market https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/air-quality-monitoring-equipment-market-183784537.html.
8. Polaris Market Research. https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/air-quality-monitoring-system-market.
9. IMARC. https://www.imarcgroup.com/air-quality-monitoring-market.
10. A Research and Markets. https://www.researchandmarkets.com/reports/5139725/continuous-emission- monitoring -systems-cems.
11. Skyquest. https://www.skyquestt.com/report/flue-gas-desulfurization-systems-market.
12. Marketsnsmarkets. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/flue-gas-desulfurization-systems-market-862.html.
13. Polaris Market Research. https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/flue-gas-desulfurization-system-market.
14. FMI. https://www.futuremarketinsights.com/reports/fabric-filter-system-market.
15. Global Market Insights. https://www.gminsights.com/industry-analysis/electrostatic-precipitator-market.
16. UnivDatos Market Insight. https://univdatos.com/report/nitrogen-oxide-control-system-market/.

17. TRITON Market Research. https://www.tritonmarketresearch.com/reports/water-quality-monitoring-market.

18. ESFC Investment Group. https://esfccompany.com/en/articles/thermal-energy/coal-fired-power-plant-construction-costs/.

19. https://ektimo.com.au/products-equipment/cems-continuous-emission-monitoring-systems/.

20. https://njklsk.en.made-in-china.com/product/zZaJItTdqUkA/China-Continuous-Emission-Monitoring-System-for-Flue-Gas-Emissions.html.

21. https://www.alibaba.com/showroom/continuous-emission-monitoring.html.

22. https://nanjingaiyi.en.made-in-china.com/product/umtrCONcYfVn/China-Continuous-Emission-Monitoring-System-Online-Stack-Dust-Monitor-Particulate-Matte
.

23. https://www3.epa.gov/ttn/emc/meetnw/2007/cemsupd.pdf.

24. https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2024-submission.

25. Отчет об экспертной оценке нефтедобывающей отрасли на соответствие принципам НДТ.

26. https://electrochemistry.ru/analyzers/elementnyy-analizator/aox-400/.

27. Sawyer et al., 2003.

28. Конопелько Л.А., Попова О.Г. Аналитический контроль промышленных выбросов. Санкт-Петербург. 2023 г.

29. Jahnke J.A. Continuous Emission Monitoring. Third Edition. 2022 г.

30. Guidelines for Continuous Emission Monitoring Systems, 2018.

31. JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED Installations, 2018.

32. Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 10 марта 2021 года № 63. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 11 марта 2021 года № 22317.

33. "Правила ведения автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду при проведении производственного экологического контроля". Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 22 июня 2021 года № 208. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 22 июля 2021 года № 23659.

34. "РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы" (утв. Госкомгидрометом СССР 01.06.1989, Главным государственным санитарным врачом СССР 16.05.1989) (ред. от 11.02.2016, с изм. от 16.05.2022).

35. https://www.gov.kz/uploads/2022/10/20/82181ed99865318908b2d81af368c5e0_original.9231015.pdf.

36. Наталенко И.В., Ушаков И.Е. Термометры сопротивления // Современная техника и технологии. 2016. № 11. ч. 1.

37. Крамарухин Ю. Е. Приборы для измерения температуры. — М.: Машиностроение, 1990.

38. Парфенова И.И. Квантовая механика, физика твердого тела и элементы атомной физики.

39. А.Фрунзе "Пирометры спектрального отношения: преимущества, недостаткии пути их устранения", ФОТОНИКА 4/2009.

40. Филатов В.И. Выбор типа преобразователя ультразвукового расходомера // Измерительная техника, 1998. - № 7.

41. Руководство по эксплуатации "Расходомеры-счетчики ультразвуковые ИРВИС-Ультра"/ ИРВС 9100.0000.00 РЭ7.

42. OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023 https://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-25186167.htm.

43. OECD Digital Economy https://www.oecd.org/sti/ieconomy/.

44. OECD Artificial Intelligence (AI) Principles https://oecd.ai/en/ai-principles.

45. EU Digital Transformation https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/digital-transformation_en.

46. Artificial Intelligence Act https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence.

47. EU Green Deal https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.

48. EU Zero Pollution Action Plan - Towards zero pollution for air, water and soil. https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en.

49. EU Circular economy action plan Link: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en.

50. EU Green Deal Industrial Plan Link: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_en.

51. Net-zero Industry Act https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/net-zero-industry-act_en.

52. EU: AI powered Robotics Strategy https://www.euronews.com/next/2024/01/22/commission-plans-robotics-strategy-early-2025.

53. Application of Artificial Intelligence (AI) in Control Systems https://www.linkedin.com/pulse/application-artificial-intelligence-ai/.

54. Top Ten Cleantech Trends in 2024. https://www.spglobal.com/commodityinsights/PlattsContent/_assets/_files/en/specialreports/energy-transition/top-ten-clean-energy-technology-trends-2024.html.

55. The potential of hydrogen for decarbonising steel production. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/641552/EPRS_BRI(2020)641552_EN.pdf.

56. Renewable hydrogen based direct iron ore reduction and steel making with grid assistance https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890423008907.

57. Predictive Emission Monitoring Systems Market: Global Industry Outlook and Forecast (2024-2030) https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/predictive-emission-monitoring-systems-market/126726/.

58. Critical Raw Materials https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en.

59. Innovations in Hydrometallurgy: Paving the Way for Sustainable Metal Extraction https://www.linkedin.com/pulse/innovations-hydrometallurgy-paving-way-sustainable-metal-javad-badiei-rioac/.

60. Recycling technologies for critical raw materials from EoL products (IA) https://www.horizon-europe.gouv.fr/recycling-technologies-critical-raw-materials-eol-products-ia-32467.

61. Applications of artificial intelligence in the field of air pollution: A bibliometric analysis https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.933665/full.

62. Artificial Intelligence for Surface Water Quality Evaluation, Monitoring and Assessment https://www.mdpi.com/2073-4441/15/22/3919.

63. Using artificial intelligence to reduce emissions https://new.abb.com/control-systems/industry-specific-solutions/oil-gas-and-petrochemicals/using-artificial-intelligence-to-reduce-environmental-impact.

64. emissions.AI for complex facilities Link: https://www.erm.com/service/digital-services/emissions-ai/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=emissions.AI&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwudexBhDKARIsAI-GWYXeVNvel_1WiTDu2TOYi6CFLjtvZRHPmhQB8X18babe05yqvwVBg7waAtt7EALw_wcB.

65. UnifAI: Water Quality Monitoring https://www.unifaitechnology.com/water-quality.

66. Alibaba – Emission Monitoring https://www.alibaba.com/showroom/continuous-emission-monitoring.html, https://www.alibaba.com/product-detail/TR-9300-continuous-emission-monitoring-system_62044387366.html.

67. US EPA- Continuous Emission Monitoring https://www3.epa.gov/ttn/emc/meetnw/2007/cemsupd.pdf.

68. Predictive Emission Monitoring Systems (PEMS) http://www.envirotech-online.com/article/air-monitoring/6/abb-ltd/predictive-or-continuous-a-guide-to-choosing-the-right-emissions-monitoring-solution/3094.

69. Predictive Emission Monitoring Systems Market: Global Industry Outlook and Forecast (2024-2030) https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/predictive-emission-monitoring-systems-market/126726/.

70. Globe Newswire https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/08/04/2492572/0/en/Predictive-Emission-Monitoring-Systems-Market-Anticipated-to-Hit-USD-14-2-Billion-by-2030-at-a-CAGR-of-7-20-Report-by-Market-Research-Future-MRFR.html.

71. Precedence Research: Emission Monitoring Systems Market Report 2023-2032 https://www.precedenceresearch.com/emission-monitoring-systems-market.

72. Chinese industrial air pollution emissions based on the continuous emission monitoring systems network https://www.researchgate.net/publication/369439562_Chinese_industrial_air_pollution_emissions_based_on_the_continuous_emission_monitoring_systems_network.

73. The Power of Machine Learning: How PEMS can Provide Value for Emissions Monitoring https://www.ien.eu/article/the-power-of-machine-learning-how-pems-can-provide-value-for-emissions-monitoring/.

74. https://www.researchgate.net/publication/254532279_New_Method_to_Improve_On-site_Safety_with_IR_Gas_Cloud_Imaging_System.

75. https://www.researchgate.net/publication/254532279_New_Method_to_Improve_On-site_Safety_with_IR_Gas_Cloud_Imaging_System.

76. Приказ Министра окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан от 12 июня 2014 года № 221-Ө

© 2012. РГП на ПХВ «Институт законодательства и правовой информации Республики Казахстан» Министерства юстиции Республики Казахстан