



**MS SERVICE**



**Требования к метрологическому обеспечению и общие принципы построения автоматической информационно-измерительной системы контроля выбросов вредных веществ в атмосферу**

[www.ms-service.com](http://www.ms-service.com)



## Требования к метрологическим характеристикам АИС

Перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, выполняемых при осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды и обязательных метрологических требований к ним, включая показатели точности, приведены в Приказе Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 7 декабря 2012 г. № 425.

№ пп.	Измерения	Метрологические требования к измерениям	
		диапазон измерений	предельно допустимая погрешность
1	2	3	4
Измерения концентраций и физических свойств среды в промышленных выбросах			
1	В промышленных выбросах в атмосферу массовой, мг/м <sup>3</sup> (млн <sup>-1</sup> )	от 10 <sup>-7</sup> до 50000 мг/м <sup>3</sup> (от 10 <sup>-7</sup> до 50000 млн <sup>-1</sup> )	дельта = +/- (8...25) %
2	Измерение температуры, °С	от минус 50 до 1300 °С	дельта = +/- (0,5...10) % дельта +/- (0,3...5) °С
3	Измерение скорости газопылевых потоков V, м/с	От 1 до 100 м/с	дельта = +/- (4...25) %
4	Измерение давления, кПа	от 40 до 110 кПа	дельта = +/- (0,1...3) кПа при температуре от 0 °С до 60 °С; дельта = +/- 1 кПа при температуре от -20 °С до 0 °С

Предельно допустимая погрешность измерения концентрации вредных веществ в промышленных выбросах является суммой основной и дополнительной погрешности газоанализаторов, с погрешностью устройств отбора, транспортировки, и подготовки пробы. Сумма этих погрешностей составляет погрешность АИС в условиях эксплуатации.

Ниже представлены основные показатели и метрологические характеристики АИС, состоящих из устройства отбора, транспортировки и подготовки пробы (ОТП), газоанализаторов, информационно-вычислительного комплекса (ИВК) для передачи информации в систему:

- диапазон измерений;
- номинальную цену единицы наименьшего разряда;
- основную погрешность газоанализаторов;
- дополнительные погрешности газоанализаторов, вызванные изменением внешних воздействующих факторов в пределах рабочих условий эксплуатации относительно нормальных условий;
- дополнительные погрешности газоанализаторов от наличия не измеряемых компонентов;
- погрешность АИС в условиях эксплуатации.
- погрешность информационно-вычислительного комплекса

Оценка погрешности АИС в рабочих условиях эксплуатации может проводиться:

расчетным методом, с учетом всех составляющих определяемых суммарное значение этой погрешности.

экспериментальным методом, путем сравнения результатов измерения АИС состава реальной среды промышленных выбросов (или искусственной газовой среды, имитирующей реальную среду) и использованием соответствующей референтной методики измерения или соответствующих эталонных аналитических установок.

Основным контролируемым параметром является объем массовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в г/сек или тонн/год, получаемый как произведение измеренной концентрации на объем отходящих газов, приведенных к нормальным условиям.

Для определения массового выброса загрязняющих веществ в месте отбора пробы должен быть рассчитан объемный расход сухих отходящих газов. Для этого необходимо измерить скорость/объем, влажность, температуру и давление потока отходящих газов.

На основании этих данных для каждой конкретной системы АИС, в случае необходимости можно рассчитать погрешность определения массового выброса.





## Анализ недостатков существующих средств измерений и АИС для контроля промышленных выбросов

Основные недостатки используемого в настоящее время парка газоаналитических приборов и АИС для контроля загрязнений атмосферного воздуха и промышленных выбросов, следующие:

Основной метод нормирования метрологических характеристик заключается только в оценке предельно допустимой основной и дополнительной погрешности газоанализаторов. При этом, суммарная погрешность АИС в рабочих условиях не нормируется.

В процессе испытаний с целью утверждения типа средств измерений экспериментально не оцениваются характеристики пробоотборных устройств и систем подготовки пробы. В следствие этого дополнительная погрешность измерений, вызываемая этими системами не учитывается.

Использование в качестве элементов системы автоматического непрерывного контроля выбросов газоанализаторов использующие устаревшие и ненадежные методы измерений (электрохимия), методы имеющие большой цикл измерений не соответствующие требованию непрерывности (хроматография), методы использующие не прямые измерения с восстановлением или окислением компонента и не имеющие нормированной погрешности (конвертер).

Применение систем подготовки пробы с охлаждением и осушкой приводят к физическим изменениям состава пробы и последующей недостоверностью результатов анализа.

В качестве средств для поверки и калибровки СИ используются, в основном, стандартные образцы - бинарные, а не многокомпонентные, газовые смеси.

ПГС подаются прямо на газоанализатор, а не в пробоотборный зонд. Как следствие не учитывается дополнительная погрешность систем пробоотбора, транспортировки, и подготовки пробы.

Таким образом, применяемые средства измерения, а также методы испытаний и поверки СИ в области контроля загрязнений промышленных выбросов для большинства типов не дают возможность обеспечить соблюдение требований к измерениям в соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 7 декабря 2012 г. № 425.

## Общие принципы построения автоматической информационно-измерительной системы

Федеральным законом № 219-ФЗ внесены изменения в Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», в соответствии с которым статья 25 указанного закона дополнена пунктом 4, предусматривающим необходимость оснащения стационарных источников на объектах первой категории средствами автоматического контроля (АИС) выбросов вредных (загрязняющих) веществ и техническими средствами передачи информации об этих выбросах в государственный фонд данных государственного экологического мониторинга.

В соответствии с проектом Постановления Правительства РФ «Об определении перечня стационарных источников и перечня вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих контролю посредством автоматических средств измерения и учета объема или массы выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, концентрации вредных (загрязняющих) веществ в таких выбросах» установлен перечень вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих контролю посредством автоматических средств измерения. Так же в проекте постановления указаны требования к АИС:

создается система автоматического контроля выбросов (п.2);

измерения должны соответствовать законодательству РФ о обеспечении единства измерений (п.3);

система должна обеспечивать непрерывный круглосуточный контроль выбросов посредством прямого инструментального измерения (п.8).

Перечень измерений, и обязательные метрологические требования к ним, включая показатели точности, приведены в Приказе Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 7 декабря 2012 г. № 425.

В соответствии с этими документами разработан проект информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения», который учитывает основные принципы построения АИС и требования к метрологическому обеспечению:

система должна быть автоматической;

система должна обеспечивать непрерывные измерения;

система должна быть построена на прямых инструментальных методах;

должна нормироваться суммарная погрешность в рабочих условиях эксплуатации.

## Структура и составные части АИС

Структурно автоматическая информационно измерительная система содержит следующие элементы:

Система отбора, подготовки, и транспортировки пробы

Измерители физических свойств среды

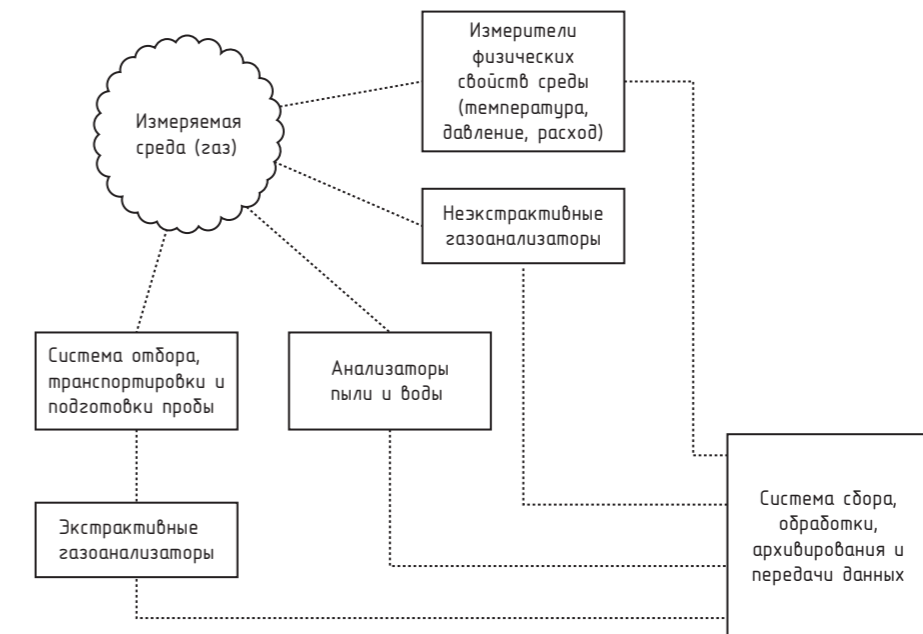
Газоанализаторы без извлечения пробы (неэкстрактивные)

Газоанализаторы с извлечением пробы (экстрактивные)

Анализаторы пыли и воды

Система сбора, обработки, архивирования, передачи данных

Исключением может стать только пункт 5 (Анализаторы пыли и воды). Это связано с необязательным требованием измерения пыли и воды на всех объектах и возможностью измерения воды газоанализаторами с извлечением пробы.



Автоматическая информационно измерительная система содержит следующие составные части:

Пробоотборный зонд;

Система транспортировки пробы;

Система подготовки пробы;

Газоанализаторы;

Анализатор пыли;

Средство измерения объемного расхода;

Датчики температуры и давления;

Система сбора, обработки, архивирования, передачи данных;

Вспомогательное оборудование, обеспечивающее энергетическое и климатическое функционирование системы.

### Газоанализаторы

Газоанализаторы используемые в автоматических непрерывных системах контроля выбросов делятся на два типа:

без извлечения пробы (неэкстрактивные);

с извлечением пробы (экстрактивные).

Газоанализаторы без извлечения пробы являются стационарными измерительными устройствами устанавливаемыми непосредственно на трубе или газоходе. Такие анализаторы, не предусматривают процедуру отбора, транспортировки, и подготовки проб за пределами трубы. Измерения осуществляются в



плоскости поперечного сечения трубы или газохода, или в определенной внутренней точке трубы или газохода. Их применение обеспечивает наилучшие метрологические характеристики и полностью снимают вопрос возникновения дополнительных погрешностей, связанных с извлечением, транспортировкой, и изменениями пробы газа. Данные анализаторы обеспечивают бесперебойную работу и не подвержены факторам, оказывающим влияние на системы с отбором пробы, позволяют контролировать выбросы основных загрязняющих веществ, а также контроль кислорода и влажности дымовых газов. Недостатком подобных анализаторов является измерение одного или двух параметров, размещение оборудования на высоте, влияние повышенной вибрации и климатических факторов, сложности при обслуживании и калибровке.

Газоанализаторы с извлечением пробы являются стационарными измерительными устройствами, устанавливаемыми в непосредственной близости от трубы или газохода и связаны с ними линией транспортировки пробы. С помощью зонда, установленного на трубе или газоходе, отбирается проба и направляется через линию и систему пробоподготовки к анализатору.

Газоанализаторы с извлечением пробы делятся по принципу построения на две категории:

- измерение с охлаждением и осушкой пробы (холодный/сухой);
- измерение горячей и влажной пробы (горячий/влажный).

Основной проблемой использования подобных анализаторов является необходимость извлечения и транспортировки пробы без изменения концентраций компонентов и состава измеряемого газа. Второй проблемой являются процессы накопления в системе твердых частиц, влаги, и агрессивных кислот конденсата. Поэтому при построении системы с использованием газоанализаторов с извлечением пробы необходимо выбрать принцип построения (холодный/сухой или горячий/влажный), учитывая состав газа и список измеряемых компонентов.

Критериями выбора между холодный/сухой или горячий/влажный является присутствие воды и необходимость измерения агрессивных, и кислотообразующих веществ. Если газ влажный и требуется измерять NO<sub>2</sub> и/или SO<sub>2</sub> и/или NH<sub>3</sub>, то нужно применять принцип горячий/влажный. Если газ сухой, то можно применять принцип холодный/сухой. Это связано с ограничениями принципа построения системы холодный/сухой:

- при транспортировке пробы к анализатору требуется охлаждение и отвод конденсата;
- при образовании конденсата возникают агрессивные кислоты (из SO<sub>2</sub> – сернистая кислота, NO<sub>2</sub> – азотистая кислота) и соли, что разрушает и забивает систему;
- в воде растворяется часть NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, и NH<sub>3</sub> и выводится в дренаж, что изменяет состав газа и приводит к недостоверным измерениям.

При построении системы на принципе горячий/влажный, проба обогревается на всем пути транспортировки и анализа. Это позволяет избежать изменению пробы и достоверно измерять все компоненты газа включая HCl, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>.

Системы контроля выбросов должны строиться на газоанализаторах использующие прямые непрерывные инструментальные измерения. Эти требования накладывают ограничения на использование аналитических методов с большим циклом измерений (хроматография), использование не прямых методов измерений (конверторов NO<sub>2</sub>/NO, косвенных, и корреляционных). Учитывая необходимость прямых измерений NO и NO<sub>2</sub>, наличия газоанализаторов отдельно измеряющих окислы азота, а так же ненормируемую погрешность конверторов, использование этих устройств не соответствует требованиям.

Измерение объемного содержания воды во влажном газе производится прямыми методами – лазерной или дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии без извлечения пробы, или фотометрическим с извлечением пробы. Применение анализаторов относительной влажности с последующими пересчетами не допустимо.

Применение ненадежных устаревших методов с коротким временем службы для определения CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> (электрохимия) не соответствует требованиям.

### Анализаторы пыли

Для непрерывного контроля содержания взвешенных частиц (пыли) в газовых потоках контроля применяются оптические приборы, основанные на светопоглощении или светопропускании лазерного излучения. Устройства монтируются непосредственно на источник выбросов без отбора пробы.

Применение трибоэлектрического метода измерения для контроля массовых выбросов пыли невозможно, в связи с низкой чувствительностью измерительного элемента, помехами при оседании частиц пыли размером более 10 мкм., и влиянии на точность влажности измеряемого газа.

### Средство измерения объемного расхода

Средства измерения объемного расхода должны измерять объемный расход газа в непрерывном режиме и обеспечивать измерение скорости газового потока в среднем диапазоне скоростей, в одной плоскости, для получения представительных значений скорости газа по всему диаметру трубы или сечению газохода. Этому требованию соответствуют ультразвуковые измерители скорости/объемного расхода.

Измерение расхода ультразвуковыми расходомерами позволяет обеспечить контроль скорости потока уходящих дымовых газов по всему сечению газохода и применяется на источниках выбросов, сечением от 2 до 14 м. Применение ультразвуковых расходомеров обеспечивает наилучшие параметры точности из всех применяемых методов контроля.

Применение метода перепада давления возможно при контроле расхода в относительно чистых потоках с низким содержанием взвешенных частиц (пыли), а также на газоходах малых диаметров до 2 м. Этот метод широко распространен при осуществлении периодического контроля. Применение корреляционного метода возможно только на газоходах малых диаметров до 2 м. Прибор устанавливается и измеряет скорости в пристеночном пространстве. Такой метод не позволяет измерять среднюю скорость потока во всем сечении и не учитывает неоднородности направлений и скоростей потока. Имеет самую большую погрешность.

### Алгоритм выбора элементов АИС, методов и средств измерений, обеспечивающих соблюдение метрологических требований к измерениям.

Для выбора методов и средств измерений, типа газоанализаторов, принципа подготовки пробы, при построении автоматической информационно измерительной системы контроля выбросов необходимо оценить следующие факторы:

- характеристики объекта (тип производства, тип источника, тип технологического процесса, тип топлива, место установки);
- состав и характеристика измеряемой среды (компонентный состав газа, пыль, вода, температура, давление, скорость/расход);
- перечень параметров измерения (наименования контролируемых веществ).

Выбор элементов АИС, методов измерений, типов средств измерений, способа отбора пробы определяются по следующему алгоритму:

- необходимо обеспечить измерение влажности при объемном содержании воды в измеряемой среде более 0.5%;
- необходимо обеспечить контроль запыленности при содержании взвешенных частиц (пыли) более 5 мг/ м<sup>3</sup>;
- необходимо использовать газоанализаторы с измерением горячей и влажной пробы (горячий/влажный), или газоанализаторы без извлечения пробы, при объемном содержании воды в измеряемой среде более 5%, и необходимости измерения агрессивных, и кислотообразующих веществ (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HF);
- возможно использовать газоанализаторы с измерением охлажденной и осушенной пробы (холодный/сухой) при объемном содержании воды в измеряемой среде менее 5%;
- необходимо использовать ультразвуковые измерители скорости/объемного расхода на газоходах с диаметром (сечением) от 2 метров;
- возможно использовать другие типы измерителей скорости/объемного расхода на газоходах с диаметром (сечением) до 2 метров.





## Автоматическая система контроля выбросов вредных веществ в атмосферу MS3550, установленная на Челябинской ТЭЦ-2

### Назначение системы

Система автоматического контроля выбросов MS3550 обеспечивает непрерывный круглосуточный контроль выбросов на стационарных источниках Челябинской ТЭЦ-2 (Труба №1, Труба №2), посредством прямого инструментального измерения концентрации (% или мг/м<sup>3</sup>) загрязняющих веществ (NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO), кислорода и воды, объемного расхода, давления и температуры отходящих газов, расчета объема и массы выбросов (г/сек или тонн/год).

### Состав системы

Зонд отбора пробы  
Система транспортировки пробы  
Система подготовки пробы  
Газоанализатор  
Анализатор пыли  
Средство измерения объемного расхода  
Датчики температуры и давления  
Система сбора, обработки, архивирования, передачи данных.  
Вспомогательное оборудование, обеспечивающее энергетическое и климатическое функционирование системы

### Функции системы

Принудительный отбор пробы дымовых газов;  
Очистка пробы от загрязнений, способных забить линии системы анализа или повлиять на точность измерений;  
Подготовка пробы к анализу в соответствии со спецификацией анализатора;  
Транспортировка пробы по греющей импульсной линии с автоматическим контролем температуры и возможностью продувки.  
Измерение температуры, давления, расхода и концентрации пыли непосредственно в дымовой трубе;  
Приведение данных к нормальным условиям;  
Расчет валовых выбросов загрязняющих веществ на основании измеренных параметров;  
Сбор и передача полученных и накопленных данных.

### Система отбора, транспортировки, и подготовки пробы

Обеспечивает фильтрацию и транспортировку пробы к газоанализатору. Состоит из зонда отбора пробы, обогреваемой линии отбора пробы, насоса и фильтров.

Зонд отбора пробы осуществляет предварительную фильтрацию, исключает попадание атмосферного воздуха в измеряемый газ, исключает конденсацию пробы в месте отбора для сохранения неизменной концентрации измеряемых компонентов и влажности. Дополнительно в зонде предусмотрена автоматическая продувка обогреваемого фильтра и фильтра в точке забора пробы, продувка и пропарка линии отбора пробы, и возможность подачи калибровочных газов.

Насос производит забор дымовых газов и подает через фильтры в газоанализатор. Насос создает разрежение в линии отбора пробы, в которую из-за разности давлений начинает поступать проба из дымовой трубы через фильтр, расположенный непосредственно в точке забора пробы. Далее проба нагревается, попадая в греющий фильтр и вторично фильтруется, после чего, подогреваемая линией отбора пробы, поступает на вход насоса. После насоса нагнетаемая проба, проходит финишную фильтрацию от механических примесей, и поступает в газоанализатор MC3.

Обогреваемая линия отбора пробы, состоит из двух импульсных трубок, с помощью одной проба подается к анализатору, а с помощью другой от шкафа системы анализа подается продувочный воздух или калибровочный газ к зонду, так же в состав входит греющий кабель и теплоизоляция. Обогреваемая линия обеспечивает равномерный нагрев до температуры не ниже 120°C для исключения конденсации пробы.

### Многокомпонентный газоанализатор

Для измерения компонентного состава используется газоанализатор MC3, изготавливаемый фирмой «EcoChem». Газоанализатор MC3 – инфракрасный фотометр, производящий непрерывное селективное измерение загрязняющих веществ (CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, HCl, CH<sub>4</sub>). Газоанализатор может измерять до 9 компонентов одновременно, включая O<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. Обнаружение и компенсация перекрестных помех обеспечивает большую точность измерений. Отобранный газ поступает в термостатированную ячейку (180°C), где происходит спектральный анализ. Данные спектрального поглощения обрабатываются, исключается перекрестное влияние от каждого канала и передаются на контроллер. Анализатор производит измерение горячей и влажной пробы (горячий/влажный).



### Анализатор пыли

Для измерения концентрации пыли используется анализатор пыли LaserDust, изготавливаемый фирмой «NeoMonitors». Принцип измерения LaserDust основан на измерении рассеивания излучения присутствующими в трубе частицами пыли. Данные измерения производятся с помощью блока передатчика на одной стороне трубы и блока приемника, установленного на диаметрально противоположной стороне трубы.

### Средство измерения объемного расхода

Для измерения объемного расхода используется измеритель объемного расхода D-FL-220 изготавливаемый фирмой «DURAG». Установленный непосредственно на дымовой трубе D-FL-220 измеряет объемный расход дымовых газов. Состоит из двух одинаковых ультразвуковых измерительных головок, в каждую из которых встроены блок микропроцессора, с корпусом, обеспечивающим применение вне помещений, и фланцем продувки для подачи продувочного воздуха.



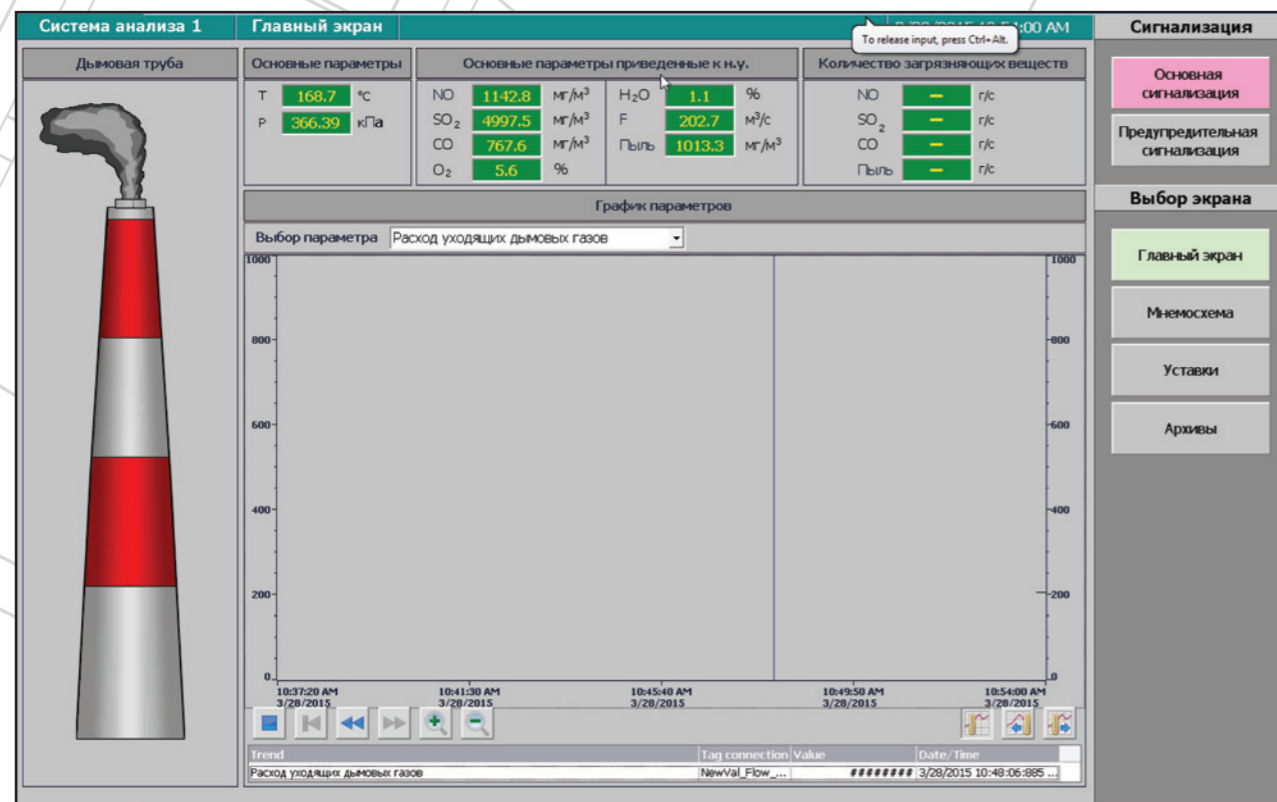
## Система сбора, обработки, архивирования, передачи данных

Данная система выполняет следующие функции:

- отображение текущих результатов измерений;
- приведение результатов измерений массовой концентрации определяемых компонентов и расхода дымовых газов к нормальным условиям;
- сравнение результатов измерений с заданными пороговыми уставками;
- представление на мнемосхеме состояния основных узлов системы, таких как насосы, клапаны;
- отображение предаварийных и аварийных состояний, квитирование состояний;
- настройки уставок предаварийных и аварийных состояний;
- управление в ручном режиме элементами системы;
- архивирование результатов и просмотр архива;
- функция автоматической и ручной «заморозки» архива в аварийных режимах и на время проведения сервисных работ;
- расчет валовых выбросов загрязняющих веществ на основании измеренных параметров;
- передача данных на сервер системы контроля.

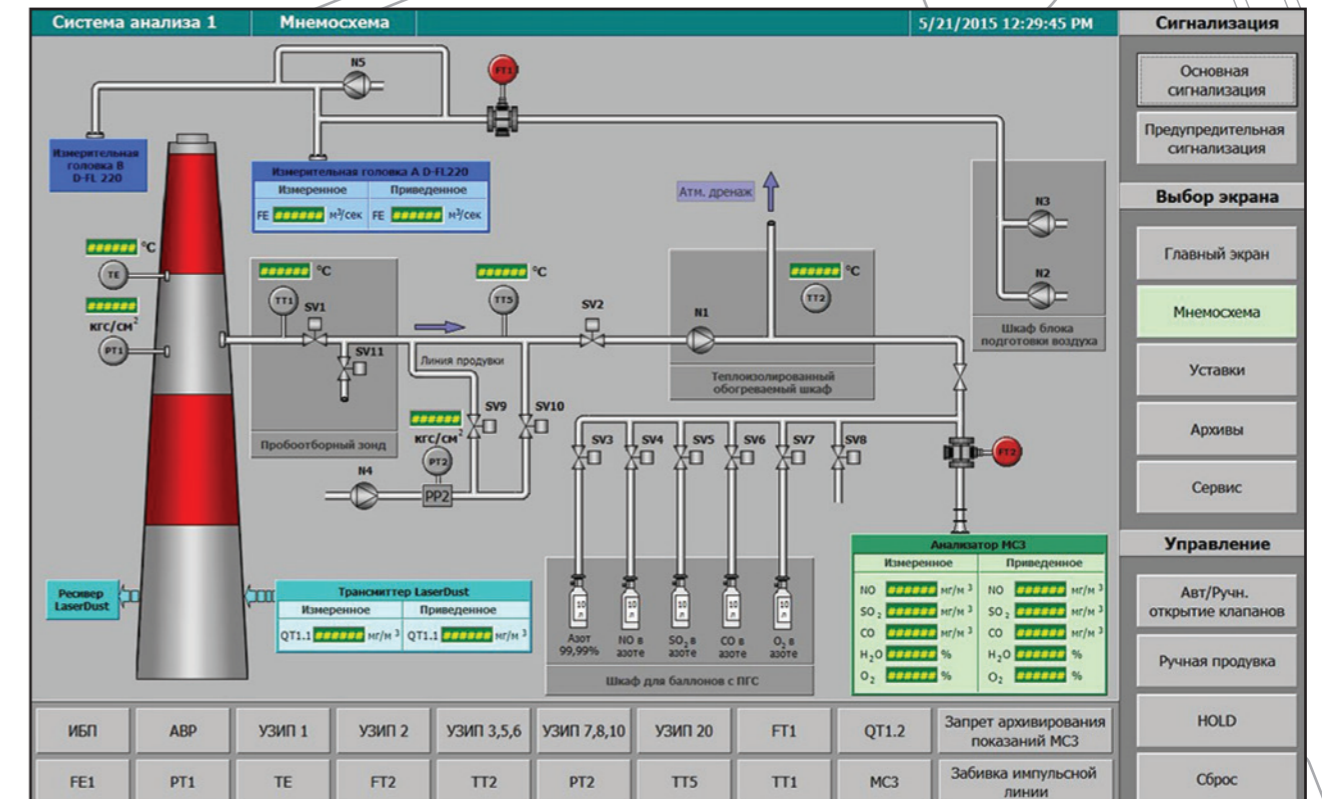
## Главный экран системы

Служит для просмотра основных измерений, показывает: температуру, давление, расход, концентрации измеряемых компонентов и количество загрязняющих веществ.



## Мнемосхема системы

Предназначена для контроля работоспособности системы, показывает: работу основных и вспомогательных элементов системы; измеренные значения процесса и системы; основную и предупредительную сигнализацию.



## Вспомогательное оборудование, обеспечивающее энергетическое и климатическое функционирование системы

Шкаф для установки газоанализаторов экстрактивного типа, системы подготовки пробы, и системы сбора, обработки, архивирования, передачи данных.

Шкаф для установки баллонов с поверочными газовыми смесями.

Шкаф с функцией автоматического ввода резерва (АВР).

Источник бесперебойного питания (ИБП).

Система вентиляции, обогрева, освещения, кондиционирования воздуха, оповещения о пожаре, защита от несанкционированного доступа.

## Метрологическое обеспечение

Средства измерений концентраций NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, воды, объемного расхода, температуры, и давления включены в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации.

газоанализатор МС3 (рег. номер 49970-12);

анализатор пыли LaserDust мод. MP, LP, XLP (рег. номер 57875-14).

измеритель объемного расхода D-FL-220 (рег. номер 53691-13);

датчик давления Метран-150 модели Метран-150ТА, Метран-150ТАR (рег. номер 32854-13);

термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом Метран-270, Метран-270-Ex (рег. номер 21968-11);

Система контроля выбросов вредных веществ в атмосферу MS3550 внесена в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации (рег. Номер 64430-16).

Система MS3550 прошла испытания для внесения в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации с нормированием суммарной погрешности в рабочих условиях эксплуатации.



## **MS SERVICE**

**ООО «МС Сервис»**

115477, г. Москва,  
ул. Кантемировская, д. 58, офис 7031

Тел./Факс: +7 495 234-99-08

e-mail: [info@ms-service.su](mailto:info@ms-service.su)

**[www.ms-service.com](http://www.ms-service.com)**