



ФГАУ
«НИИ «ЦЭП»

Системы автоматического контроля выбросов на объектах химической отрасли: анализ возможностей и проблемы внедрения

Заместитель начальника отдела химической и
нефтехимической промышленности, к.т.н.
Малявин Андрей Станиславович

Законодательные требования к автоматическому контролю выбросов и сбросов



7-ФЗ от 10.01.2002

Об охране окружающей среды

стационарные источники выбросов ЗВ, сбросов ЗВ объектов I категории должны быть

оснащены системами автоматического контроля

Срок создания – не более **4 лет** с момента получения КЭР



РП РФ 428

от 13.03.2019

Об утверждении **видов**
технических устройств,
оборудования или их совокупности
(установок)



ПП РФ 262

от 10.03.2020

Об утверждении **правил**
создания и эксплуатации
системы автоматического
контроля выбросов ЗВ, сбросов
ЗВ



ПП РФ 263

от 10.03.2020

о **требованиях к**
автоматическим
средствам измерения и учета
показателей выбросов ЗВ, сбросов
ЗВ...

ПЕРЕХОД НА НДТ

до 2028 года

> 7200

предприятий

до 2026 года

300

крупнейших
предприятий
приказ Минприроды
от 18.04.2018 № 154

Нормативно-правовое обеспечение создания САК выбросов и сбросов

7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»

ПП РФ №262 «Об утверждении правил создания и эксплуатации САК»

ПП РФ №263 «Об утверждении правил создания и эксплуатации САК»

№ 109 «Об утверждении требований к содержанию программы ПЭК...»

№ 382 «Об утверждении формата передачи данных ...»

ФЗ

НПА Правительства
РФ

Приказы МПР

Справочники НДТ

Стандарты и информационные
системы

219-ФЗ О внесении изменений в ФЗ «Об охране окружающей среды»

252-ФЗ «О внесении изменений в ФЗ «Об охране окружающей среды»

ПП РФ №428 «Об утверждении видов технических устройств, оборудования или их совокупности ... »

ПП РФ №691 «Об утверждении правил отнесения ЦСВ ... и о внесении изменений в постановление ПП РФ №782»

ПП РФ № 1847 "Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений"

ИТС 22.1 -2021

«Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения»

ГОСТ Р ЕН 15259-2015 «Качество воздуха. Выбросы стационарных источников. Требования к выбору измерительных секций и мест измерений, цели и плану измерений, и составлению отчета»

ФГИС «АРШИН»

Отраслевые ГОСТ «Требования к организации автоматического контроля, выбору измерительных секций и мест измерений»

Разработка программы создания САК

Перечень работ	Состав работ
1. Сбор и анализ информации	<p>Анализ и оценка имеющейся технологической и нормативно-технической документации, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> - данных инвентаризации источников выбросов/ сбросов - данные томов ПДВ и НДС, чертежей источников, карты расположения источников и зданий для размещения оборудования; технологические схемы водоочистки и чертежи мест водовыпуска по каждому источнику сбросов - данные технологических регламентов с описанием основных технологических процессов и схем обращения со сточными водами
	<p>Анализ возможности использования существующих систем контроля, оценка условий эксплуатации</p> <ul style="list-style-type: none"> - данных производственно-экологического контроля - данных технологического контроля (параметры контроля, частота контроля) - данных аналитического контроля выбросов/ сбросов (параметры контроля, частота контроля) - данных автоматического контроля выбросов/ сбросов (параметры контроля, частота контроля)
	<p>Разработка проекта перечня источников выбросов/сбросов и технологических параметров , подлежащих автоматическому контролю</p>
2. Разработка программы создания САК	<p>Обследование источников выбросов/сбросов и контролируемых параметров, в том числе с привлечением аккредитованной лаборатории (при необходимости)</p>
	<p>Определение технической возможности осуществления автоматического контроля, обоснование невозможности осуществления автоматического контроля на конкретных источниках (при наличии таких источников)</p> <p>Определение измерительных секций и мест контроля</p> <p>Оценка наличия средств и методов контроля, а также обеспечения получения достоверной информации</p> <p>Оценка требования промышленной безопасности</p>
	<p>Разработка проекта программы создания САК:</p> <ul style="list-style-type: none"> Перечень стационарных источников выбросов загрязняющих веществ и контролируемых показателей Места и сроки установки автоматических средств измерений и фиксации на источниках выбросов загрязняющих веществ Состав и форма передаваемой информации

Проблемы и особенности создания программы САК

Качество исходных данных

- Сбор необходимой информации в различных структурных подразделениях
- Отсутствие достоверных данных о характеристиках и составе отходящих газов (актуальные данные томов ПДВ, инвентаризации источников выбросов, данных ПЭК и данных, не входящих в отчетные документы – влажность, давление)
- Отсутствие актуальной информации об организации выбросов отходящих газов (чертежи источников выбросов, технологические схемы, аппаратное оформление, геометрия газоходов и труб)

Организационные и административные вопросы

- Определение границ проектирования и принадлежности источников выбросов к конкретным производствам
- Соотношение формулировок РП РФ 428 и административным делением производств на предприятии

Определение технической возможности осуществления автоматического контроля

- Получение достоверной информации о показателях выбросов
- Установление наличия методик, приборов и оборудования по измерению показателей выбросов (подтверждение отсутствия СИ, например для малых скоростей или малых диаметров газоходов, наличие комбинации факторов –капельная влага с агрессивными газами и т.д.)
- Определение мест установки в соответствии с ГОСТ Р ЕН 15259-2015 или **отраслевым ГОСТ (при наличии)**
- Соответствие требованиям промышленной безопасности и СНиП

Оптимизация состава системы автоматического контроля

- Оптимальное количество источников, оснащаемых САК
- Оптимизация состава и архитектуры САК
- Использование существующих средств контроля
- Интеграция данных и использование их в целях совершенствования производства

Определение технической возможности осуществления автоматического контроля

Проблемные источники

1. Факела
(отсутствие мест контроля)
2. Дефлекторы, вентиляционные трубы, аэрофонари
(отсутствие мест контроля)
3. Дымовые трубы от выпарных установок/сушильных аппаратов
(высокая влажность, наличие капельной влаги, наличие липкой влажной пыли)
4. Короткие трубы, отсутствие прямолинейных участков, наличие вентиляторов
(отсутствует возможность замера расхода отходящих газов)
5. Малый диаметр труб и малая скорость отходящих газов
(отсутствие средств измерений)
6. Комплексные факторы – высокая температура, наличие коррозионно-активных компонентов
(отсутствие средств измерений)
7. Старые трубы без организованных площадок
(капитальное строительство, необходимость соответствия нормам промышленной безопасности и СНиП)



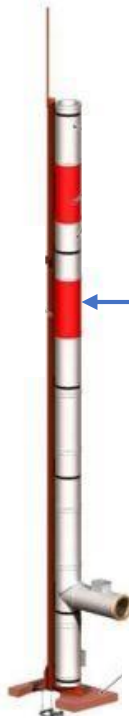
Проблемные источники



Определение мест установки средств измерений

ПП РФ № 262

«Об утверждении правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов ЗВ, сбросов ЗВ»



П. 17. Технические средства, обеспечивающие автоматические измерения и учет показателей выбросов, устанавливаются на стационарных источниках выброса промышленных установок или на подводящих газоходах к дымовым трубам.

п. 10 е) определение мест установки средств измерений в газоходах с отходящими газами в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а при отсутствии **отраслевых национальных стандартов** по выбору измерительных секций и мест измерений для конкретной отрасли промышленности - в соответствии с национальным стандартом Российской Федерации **ГОСТ Р ЕН 15259-2015** "Качество воздуха. Выбросы стационарных источников. Требования к выбору измерительных секций и мест измерений, цели и плану измерений и составлению отчета".

Обеспечение представительного отбора проб (ГОСТ Р ЕН 15259-2015 Качество воздуха. Выбросы стационарных источников. Требования к выбору измерительных секций и мест измерений, цели и плану измерений и составлению отчета)

Требования к обеспечению

Имеется секция в газоходе, сконструированная так, чтобы можно было получить требуемый профиль потока, свободного от завихрений и обратных потоков, где размещается измерительная плоскость, достаточная для получения данных по всем измеряемым и вспомогательным величинам

Должен обеспечиваться доступ к плоскости отбора проб для обычного оборудования для отбора проб с помощью платформы, обеспечивающей безопасную и эффективную работу персонала

Рекомендации к выбору

Газовый поток

- Угол между направлением газового потока и осью газохода составляет не более 15° ;
- отсутствует местный обратный поток;
- минимальная скорость потока выше, чем предел обнаружения метода, используемого для измерения расхода (для трубок Пито перепад давлений более 5 Па);
- отношение максимальной скорости потока к минимальной в месте отбора пробы составляет менее 3:1;
- планировать измерительные секции предпочтительнее на вертикальном участке газохода;
- измерительная секция должна быть расположена таким образом, чтобы можно было смонтировать рабочие площадки с соответствующим оборудованием;

Измерительная плоскость

- Измерительная плоскость должна быть расположена в той секции газохода (дымовой трубы), где предполагают однородные условия течения потока и однородное содержание определяемых компонентов
- по возможности максимально удалена от расположенных выше и ниже по направлению движения потока помех, которые могут вызвать изменение его направления (например, возмущения могут быть вызваны изгибами, вентиляторами или частично закрытыми задвижками)
- расположена в такой секции газохода, где длина прямолинейного участка выше по потоку от плоскости отбора проб составляет по крайней мере пять гидравлических диаметров, а ниже по потоку от нее - два гидравлических диаметра (или пять гидравлических диаметров от верха трубы;) и расположена на участке газохода с постоянной формой и площадью поперечного сечения

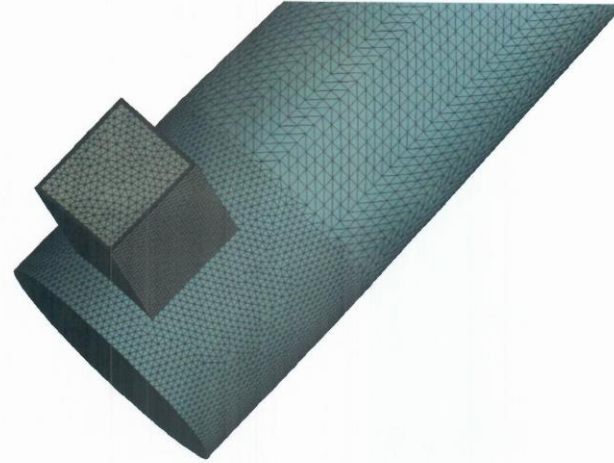
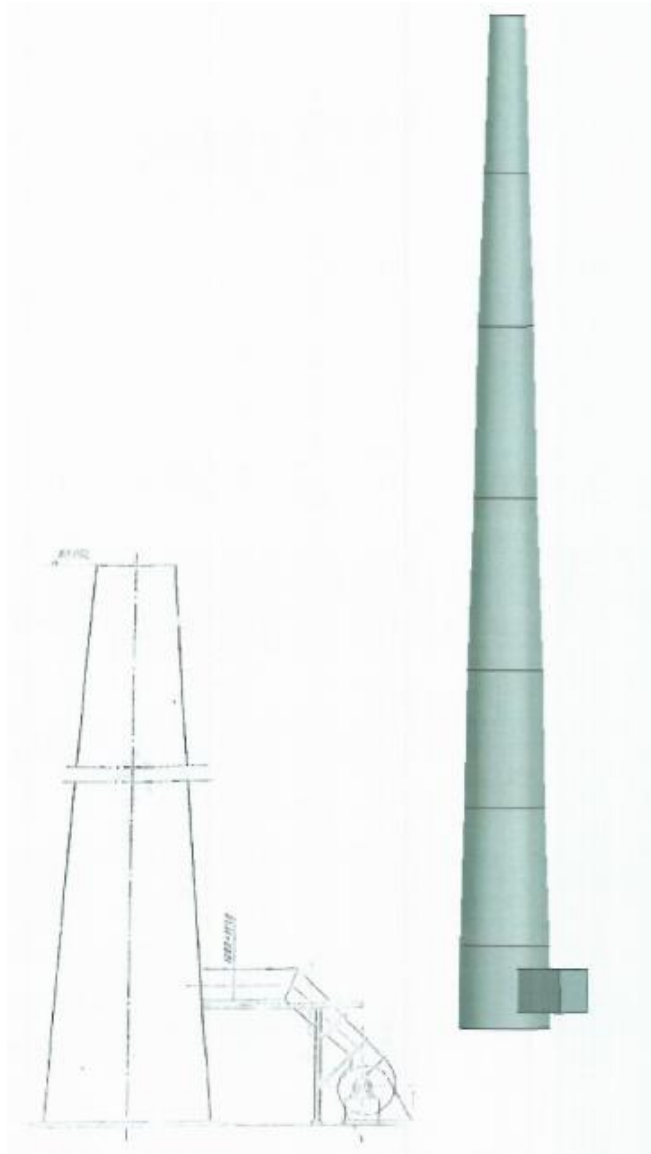
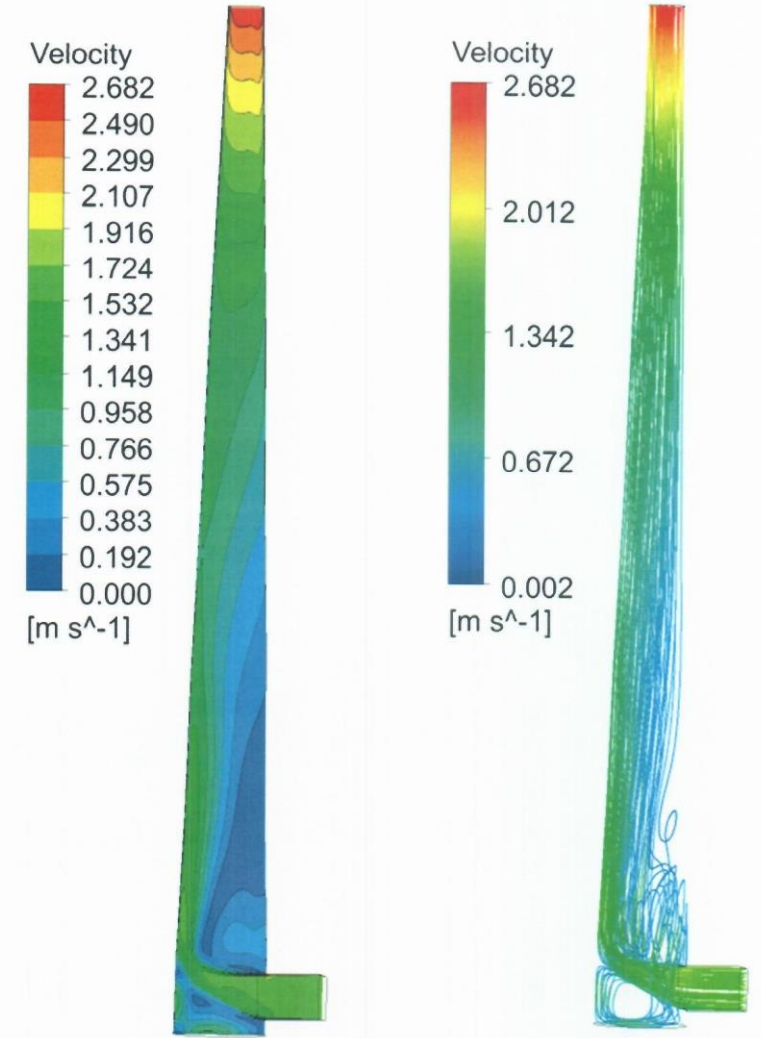


Рисунок 2. Общий вид вычислительной сетки расчетной модели.



а) Профиль скорости, м/с

б) Линии тока (окрашены скоростью, м/с)

Рисунок 3. Распределение профиля скорости в вычислительной области

Обогреваемый модуль переключения пробы

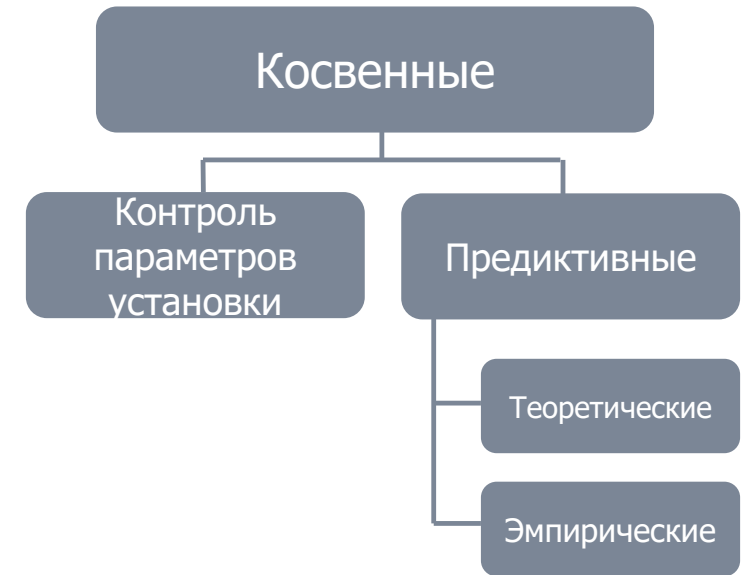
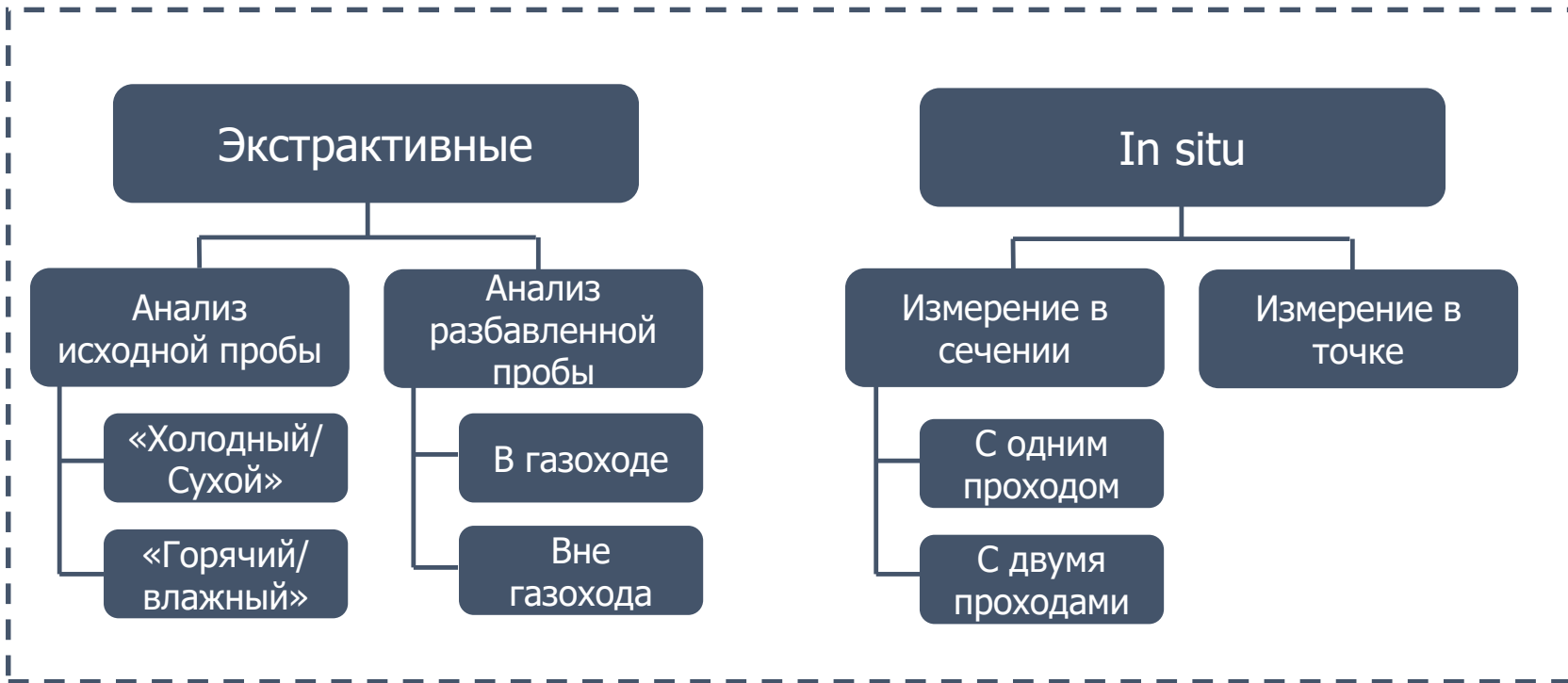


Дальнейшие мероприятия по созданию систем автоматического контроля

1. Составление технических заданий для оснащения каждого источника выбросов и сбросов и их метрологическая экспертиза;
2. Подбор оборудования, бюджетная оценка проекта;
3. Выполнение проектной документации на создание системы автоматического контроля (электрические принципиальные схемы, газовые (гидравлические) принципиальные схемы, сборочные чертежи), экспертиза промышленной безопасности;
4. Доставка оборудования, монтаж и испытание САК, поверка системы;
5. Внесение системы в реестр средств измерений (при необходимости);
6. Ввод в эксплуатацию;

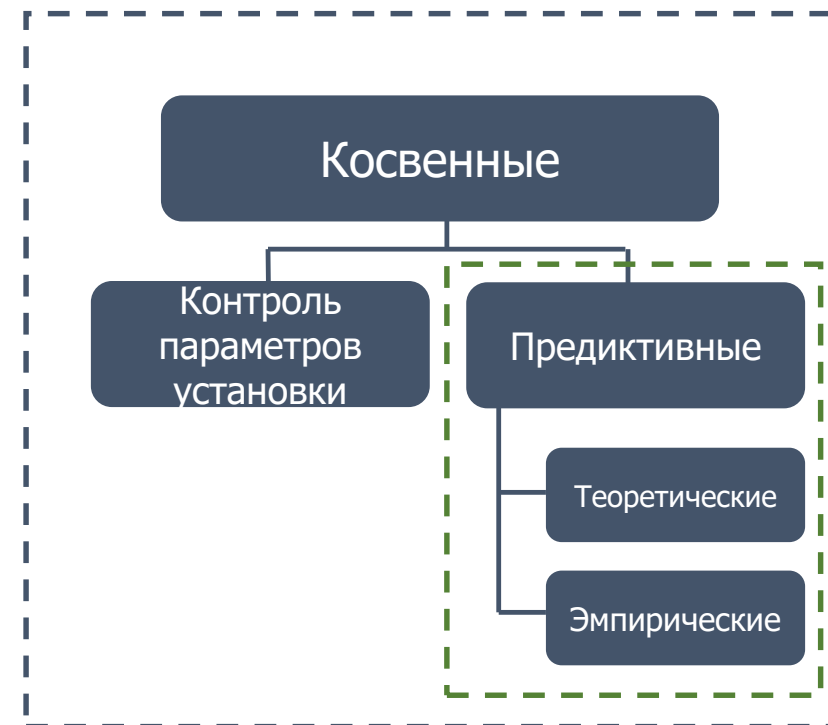
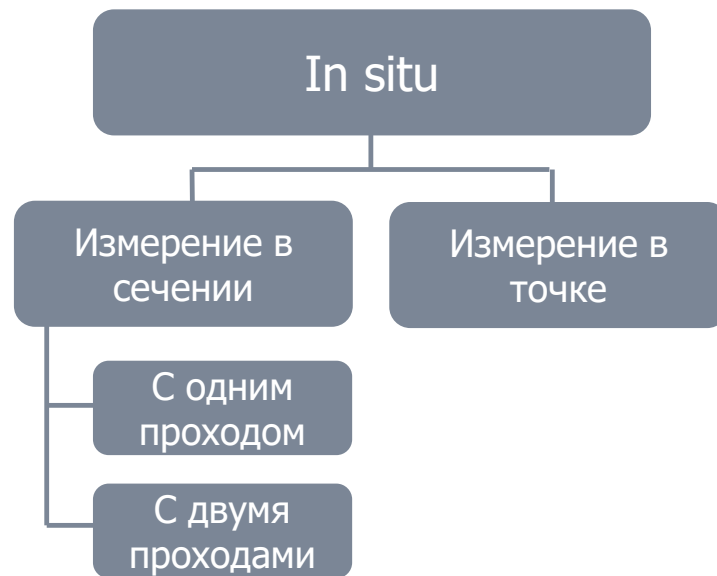
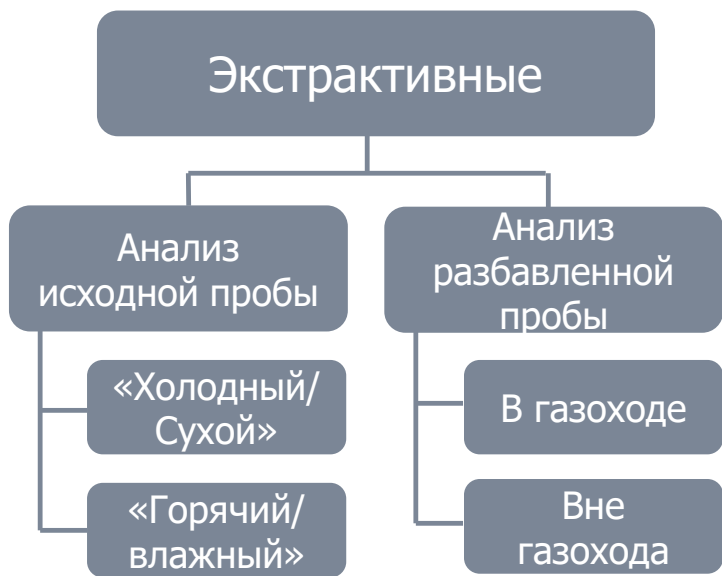
Этапы и ориентировочные сроки создания системы автоматического контроля

№ эта па	Задача	2023								2024								2025								2026							
		май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	январь	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	январь	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
1	Разработка программы создания САК	■																															
2	Разработка ТЗ на оснащение каждого источника									■																							
3	Тендерные процедуры по выбору поставщиков									■																							
4	Проектирование САК, метрологическая экспертиза проекта и экспертиза промышленной безопасности									■																							
5	Поставка и монтаж оборудования, включая СМР																	■															
6	Настройка и ввод в эксплуатацию, включая утверждение типа СИ																									■							

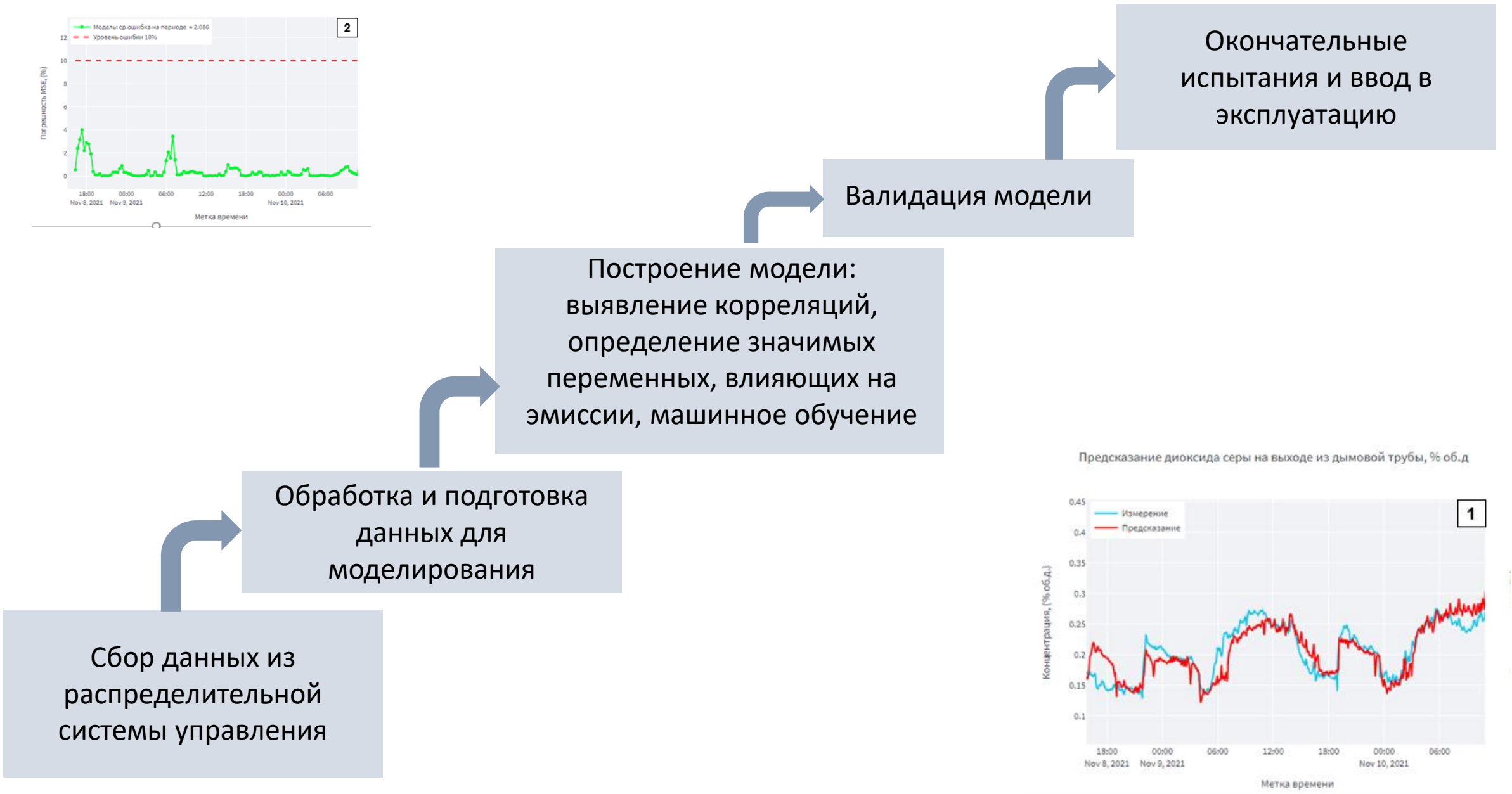


- Конструктивные особенности источников выбросов
- Требования промышленной безопасности, техники безопасности, соответствие строительным нормам и правилам
- Обеспечение надежной и бесперебойной работы
- Высокая стоимость и трудоемкость создания и обслуживания





Основные этапы разработки математической модели для контроля выбросов



Построение модели расчета выбросов

128 технологических параметров



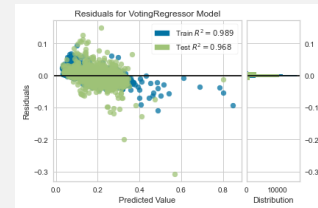
70 корректных технологических параметров

29 параметров

которые могут оказывать влияние на выбросы SO₂

20 базовых алгоритмов

использовались для обучения модели



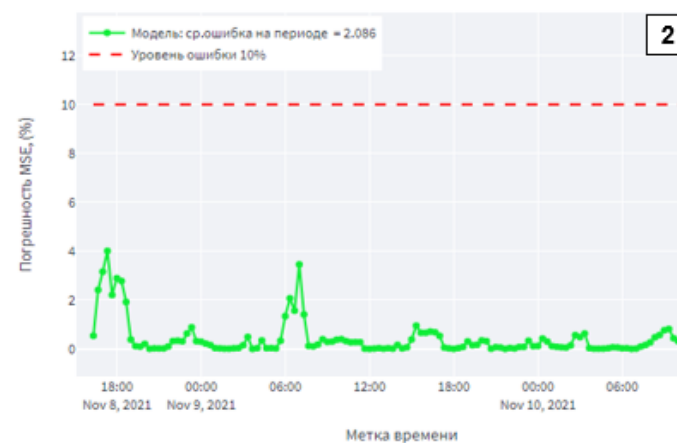
3 модели расчета выбросов

количество ошибок между измерениями и предсказаниями превышающих 10% - менее 0,5%

Предсказание диоксида серы на выходе из дымовой трубы, % об.д



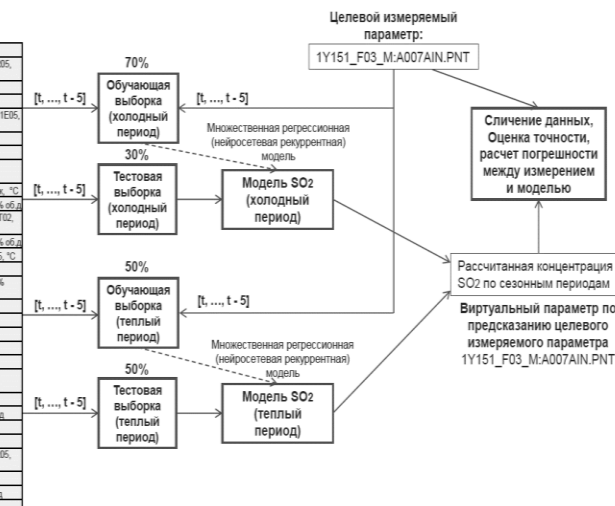
Усредненная (20 мин) ошибка между измерением и предсказанием



СТРУКТУРА МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ДИОКСИДА СЕРЫ ДЛЯ АГПЗ

Набор входных измеряемых параметров (29 предикторов):

1Y151_SEP_M1003AIN.PNT	Уровень котловой воды в 51E01, мм
1Y151_F03_M1128AIN.PNT	Температура отходящих газов в 51R03, R04, R05, °C
1Y151_MT1068AIN.PNT	Температура газа на выходе из 51E05, °C
IS9_1_K03_S5004AIN.PNT	Кислотный газ в 51E01
1Y151_SUL_C1007IPD.OUT	Температура газа регенерации на выходе из 51E05, °C
1Y151_OPT_CFO08PID.MEAS	Расход газа в F01, м3/ч
IS9_1_F03_MF014AIN.PNT	Расход выходящего газа из 51R03 в 51F03, м3/ч
1Y151CON2_C1C03PID.MEAS	Уровень котловой воды в котле-утилизаторе 51E06, мм
1Y151_MT1068AIN.PNT	Температура на входе в трубопровод котла, °C
1Y151_SUL_M_A005AIN.PNT	Кислотный газ F02 на выходе из 51E01 в 51F11, % об.д
1Y151_JAM_S_A004AIN.PNT	Кислотный газ F02 в воздушном пространстве 51T02, % об.д
1Y151CON2_C1C03PID.MEAS	Кислотный газ F02 на выходе из 51E01 в 51F11, % об.д
1Y151_MT1068AIN.PNT	Температура отходящего газа 51R01, R04, R05, °C
1Y151_F03_C1010AIN.PNT	Температура выходящего газа в 51R03, °C
1Y151_SUL_M_A005AIN.PNT	Кислотный газ SO2 на выходе из 51E01 в 51F11, % об.д
1Y151_MT1068AIN.PNT	Температура отходящего газа 51R01, °C
1Y151_MT1068AIN.PNT	Температура подающего газа 51R01, R04, R05, °C
1Y151CON1_C1C03PID.MEAS	Уровень кот. воды в 51E03, мм
1Y151CON2_C1C03PID.MEAS	Расчетное соотношение H2S/SO2, %
1Y151_F02_CFO08PID.MEAS	Расход воздуха, м3/ч
1Y151_SUL_M1130AIN.PNT	Температура газа на выходе из 51R03, 51R04, 51R05, °C
1Y151_F03_C1007IPD.OUT	Температура в 51E03, °C
1Y151_SEP_M_A005AIN.PNT	Кислотный газ на выходе из 51R01 в 51F01, % об.д
1Y151_MT1038AIN.PNT	Температура газа в F01, °C
1Y151_IND_MF013AIN.PNT	Давление газа в F01, Мпа
1Y151_MT1068AIN.PNT	Температура подающего газа в 51R03, 51R04, 51R05, °C
IS9_1_K03_S1008PID.MEAS	Давление газа перед 51R03, Мпа
1Y151_F03_M_A005AIN.PNT	SO2 в дымовом газе на выходе из 51F03, % об.д
1Y151_MT1068AIN.PNT	Температура дымовых газов после 51E07, °C



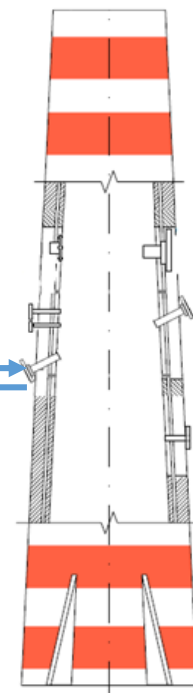
ПРЕДИКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

- ✓ высокая точность прогнозирования концентрации ЗВ на основании параметров процесса
- ✓ возможность контроля источников выбросов, на которых невозможно установить традиционные САК
- ✓ оптимизация контроля технологического процесса и работы основного технологического оборудования

Программно-аппаратный комплекс моделирования технологического процесса



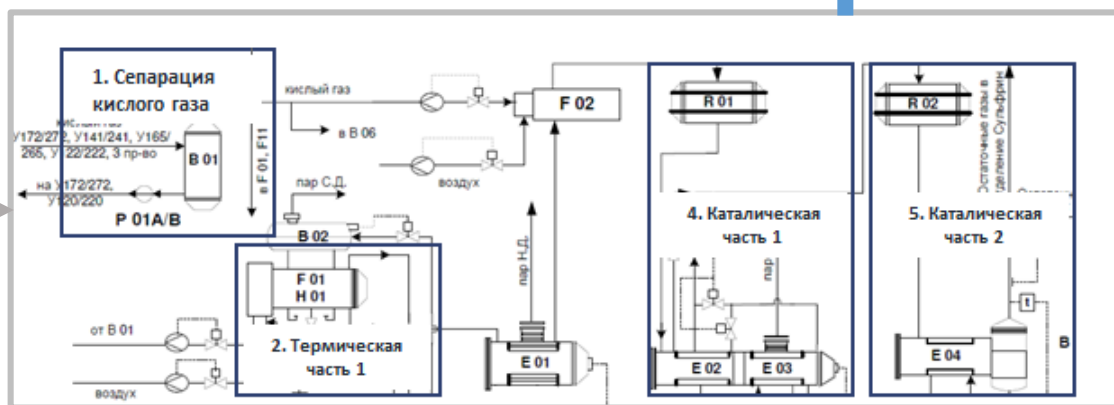
NO_x
 SO_2



Данные технологического процесса (расход топлива, давление, температура и т.д.)

Шина данных

Технологический процесс



Сырье

Готовый продукт

Интерфейс среды мониторинга и отчётности показателей ГВС. Индикатор SO₂

Автоматизированная измерительная система учета выбросов и сбросов

Рабочая панель | Панель маркерных веществ | Ситуационная карта объекта | Технологические параметры | История событий | Отчеты | Выйти из системы

Диоксид серы (SO₂)

Параметры выброса и ГВС:

- Установка: 1У-151
- Источник: И0323
- ЗВ: Диоксид серы
- РЕЖИМ: Теплый период

SO₂-измерение (% об.д)

0.1777

↑ 0.000148 % об.д

{измерение А007А1N}

SO₂-расчет (% об.д)

0.1766

↑ 7.9e-05 % об.д

{расчет А007А1N}

SO₂-отн.ошибка (MSE)

0.00026 %

↑ 0,658% (+20 мин)

Модель повторяет инструментальные замеры

SO₂-мгновен. выброс (г/с)

1344.5

↓ -55,3г/с (+20 мин)

{расчет по Методике¹}

SO₂-валовый часовой (кг/ч)

4840.2

↓ -32,6кг/ч (+1 час)

Температура воздуха

25.085 °C

↑ 1,2°C (+1 час)

Скорость ветра

2.111 м/с

↓ -0,2м/с (+1 час)

Влажность воздуха

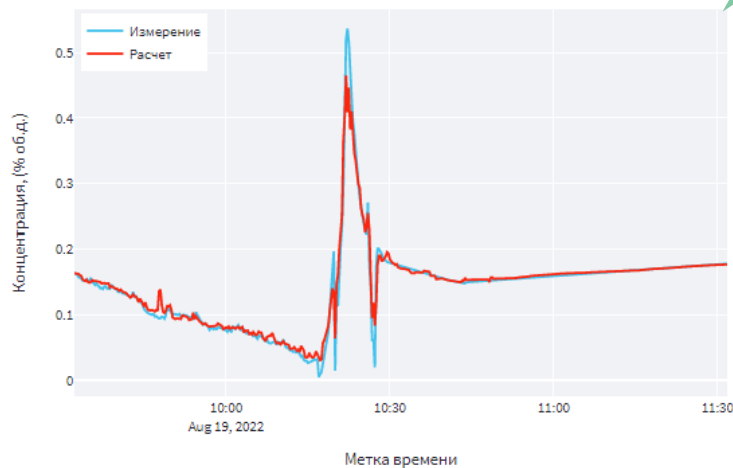
79.07 %

↑ 2,5% (+1 час)

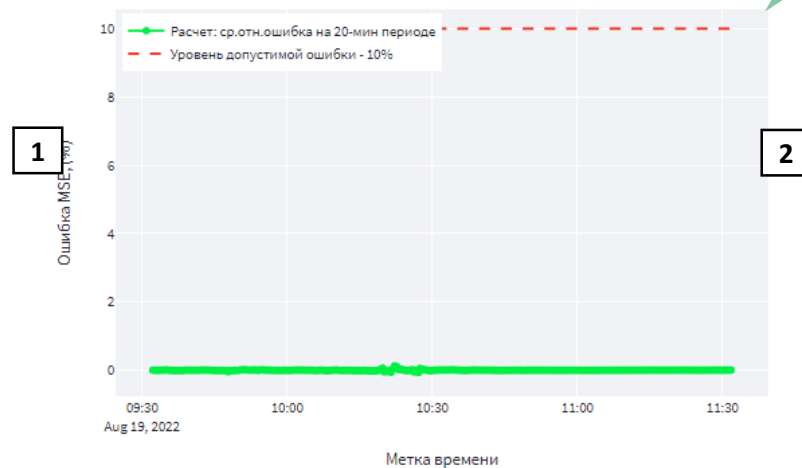
Расхождение на достоверных данных < 0,5 %

Детализация значений за часовой период

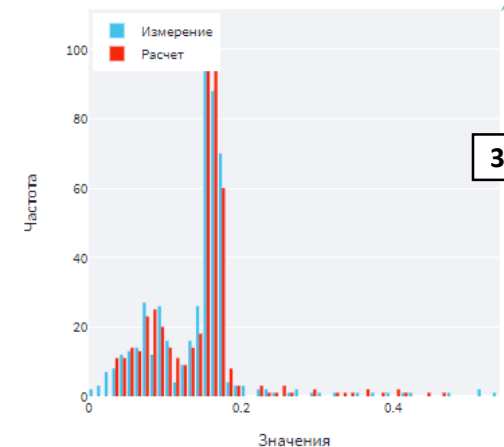
Концентрация диоксида серы на выходе из печи дожига, % об.д



Усредненная (20 мин) ошибка между измерением и расчетом



Распределение значений (на периоде 2 ч.)



¹ - Реал-тайм значения параметров для расчета валовых выбросов по Методике «НИИ Атмосфера»

○ Расчетная концентрация ЗВ в ГВС на выходе из источника: 4692.2981 мг/м³

○ Давление ГВС на выходе из дымовой трубы: 0.175 атм.

Мировой опыт применения

Нормативные правовые документы

США	EPA 40 CFR, PS-16
ЕС	CEN/TS 17198:2018
КНР	T/CAEPI 13—2018

Определяемые вещества

- NO_x
- CO
- SO₂
- углеводороды
- пыль
- CO₂

Установки и процессы

- газотурбинные и угольные электростанции
- каталитический риформинг
- каталитический крекинг
- синтез метанола
- печи пиролиза
- получение серы
- стекловаренные печи
- печи обжига извести

Сравнение систем контроля выбросов на основе измерительных средств и математических моделей

Характеристика	Инструментальный контроль	Предиктивные системы
Стоимость оборудования	Очень высокая	Средняя
Стоимость владения	Высокая	Низкая
Достоверность	Высокая	Высокая
Надежность	Высокая	Высокая
Опыт применения	Большой	Малый
Вклад в «цифровизацию» предприятия	Низкий	Высокий
Возможность выявления факторов влияния в технологическом процессе на выбросы ЗВ	Очень низкая	Очень высокая

Спасибо за внимание!

Малявин Андрей

Кандидат технических наук, заместитель начальника отдела
химической и нефтехимической промышленности

a.malyavin@eipc.center

+7 (495) 240-00-00 (1101)

