

# Комплексная очистка дымовых газов стекловаренной печи

Руководитель НИЦ «Экология»  
Серебрянский Д.А.

Москва, декабрь, 2025



# О группе Бакор



3  
2  
10  
150+  
84 000

научно-исследовательских центра  
проектно-конструкторских бюро  
региональных сервисных центров  
патентов  
м<sup>2</sup> производственных площадей

## Услуги:

1. Разработка и производство новых материалов
2. Разработка технологических процессов и проектов
3. Инжиниринг, техническое конструирование и производство оборудования
4. Научные исследования
5. Строительно-монтажные работы
6. Шеф-монтажные и пусконаладочные работы
7. Техническое обслуживание и контроль эксплуатации
8. Планово-предупредительные ремонты
9. Аутсорсинг технологических процессов фильтрации
10. Автоматизация обогатительного оборудования и сервисного обслуживания
11. Цифровые двойники оборудования и техпроцессов
12. Проектирование жизненного цикла фабрики



НТЦ «Бакор» возьмет на себя заботу о вашем проекте на любом или на всех этапах реализации:

1. Проектирование (4 исследовательских центра)
2. Конструирование оборудования (2 собственных конструкторских бюро)
3. Производство оборудование (2 завода, сопровождение производства закупаемого оборудования).
4. Поставка
5. Строительство
6. Монтаж и сервисное сопровождение (собственные монтажные и сервисные подразделения)

Видео о  
компании  
(жмите сюда)



# Типичные показатели выбросов маркерных веществ в атмосферу

## 2. Маркерные вещества и технологические показатели на выбросы загрязняющих веществ от стекловаренных печей.

Название вещества	Типичные значения выбросов в атмосферу от стекловаренных печей	Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass
	Концентрация, мг/м <sup>3</sup> (н.у.)	
Пыль	17-430	≤ 10
Оксиды азота (NO <sub>x</sub> )	384 - 3355	500 – 800
Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )	150 - 2100	≤ 200
CO		10
HCl	1 - 48	≤ 10
HF	0 - 74	1 - 5

## ИТС НДТ 5- 2022 Производство стекла

### Листовое стекло

Технологический показатель	Единица измерения	Значение	
		Кампания печи до 10 лет	Кампания печи свыше 10 лет
Оксид азота и диоксид азота суммарно в пересчёте на NO <sub>2</sub>	кг/т стекломассы	≤ 10,4	≤ 12,0
Оксид углерода (CO)	кг/т стекломассы	≤ 0,8	≤ 1,0
Пыль неорганическая (суммарно)	кг/т стекломассы	≤ 1,0	≤ 1,2

# Комплексная газоочистка стекловаренной печи



Цепь аппаратов: теплообменный аппарат – реактор кислых газов – электрофильтр – реактор deNOx – теплообменный аппарат – дымосос.

При всех достоинствах и высокой надежности подобной системы, есть и существенный недостаток. Не достаточная эффективность очистки газов от пыли и как следствие забивание пылью катализатора deNOx.

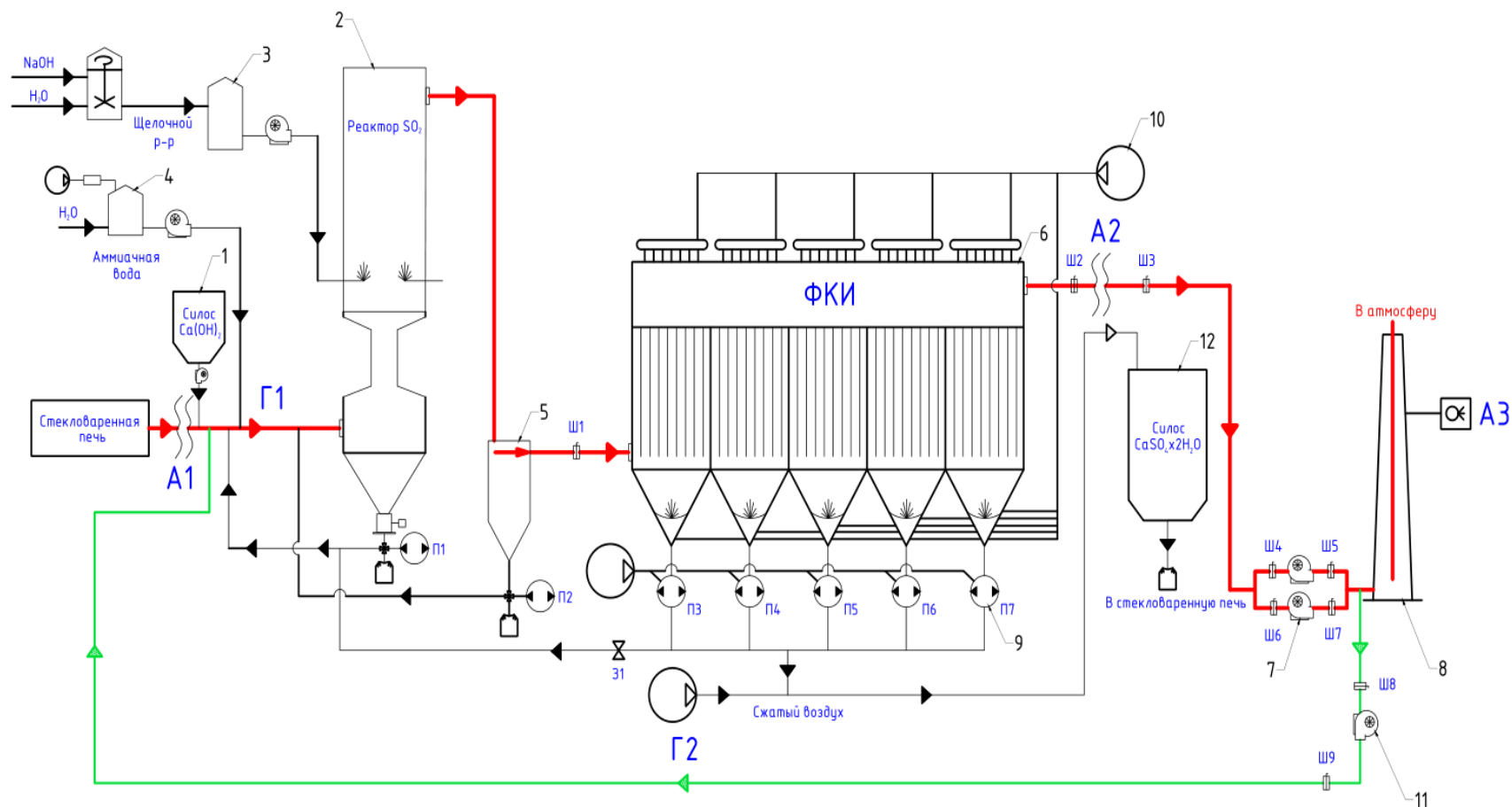


С 2020 года на стекловаренных заводах в зарубежных странах получили широкое распространение комплексные системы очистки газов в керамических каталитических фильтрах.

Такие системы способны обеспечить требования на выбросы маркерных веществ в атмосферу.

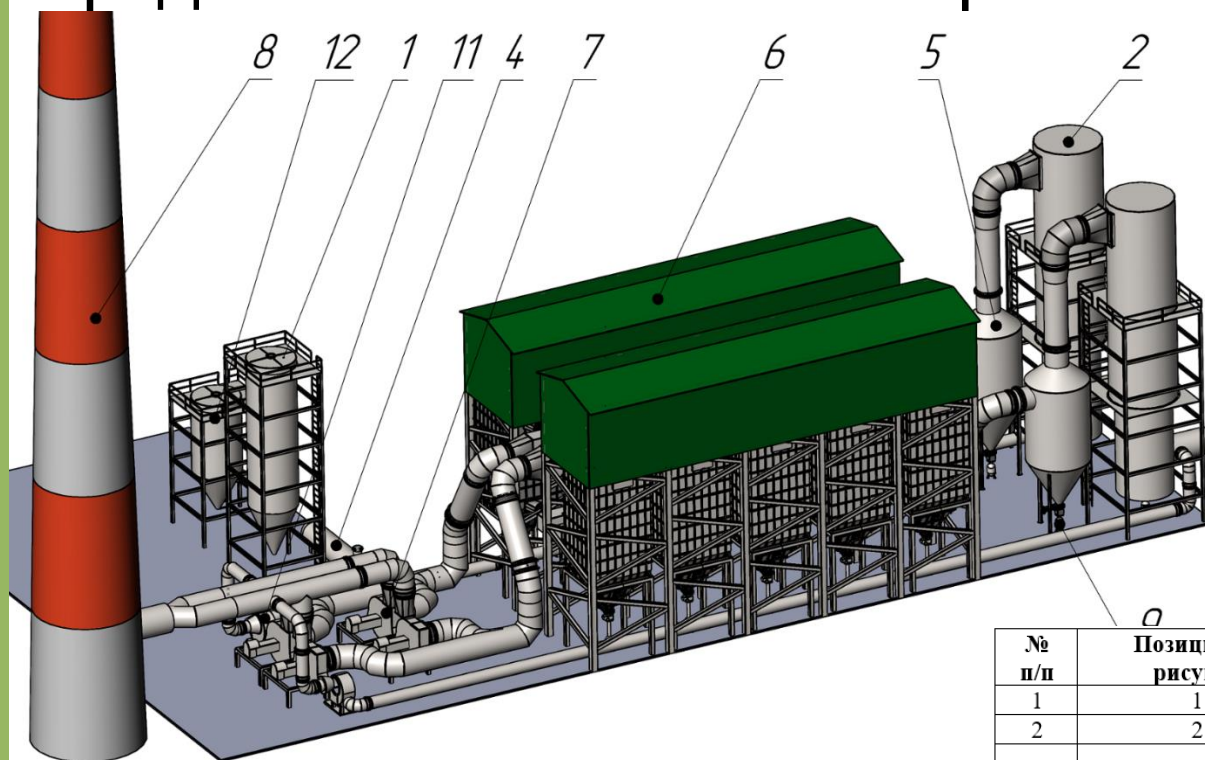
Система газоочистки флоат линии (Китай)

# Предлагаемое техническое решение





# Предлагаемое техническое решение



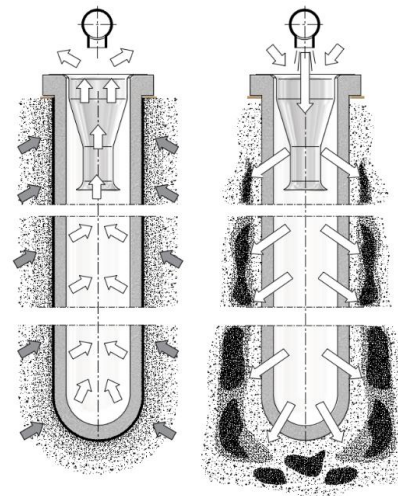
Система газоочистки для двух  
стекловаренных печей

Не показаны теплообменные аппараты

Загрязняющее вещество	Способ очистки
Взвешенные частицы пыли	Фильтрация газов через волокнистые фильтрующие элементы
Оксиды азота ( $\text{NO}_x$ )	Селективное каталитическое восстановление оксидов азота (волокнистые фильтрующие элементы пропитаны специальным катализатором, а перед фильтром в систему газоочистки подается восстановитель – 25 %-ый водный раствор аммиака (аммиачная вода))
Кислые составляющие ( $\text{SO}_2$ , $\text{HCl}$ , $\text{HF}$ )	Подача гидратированной извести в газовый поток (реакция нейтрализации)

№ п/п	Позиция на рисунке	Аппарат	Количество аппаратов
1	1	Силос гидратированной извести	2
2	2	Реактор нейтрализации	2
3	Не показано	Узел подготовки и дозирования щелочного раствора	1
4	4	Установка дозирования и подачи аммиачной воды	2
5	5	Инерционный сепаратор	2
6	6	Фильтровальная установка ФКИ	2
7	7	Тягодутьевая машина	4
8	9	Пневмокамерный насос	14
9	11	Тягодутьевая машина	2
10	12	Силос отработанного сорбента	2
11	Не показано	Компрессорная установка	2
12	Не показано	Весовой дозатор сорбента	2
13	Общий вид	Система газоходов и вспомогательных устройств	-

# Комплексная газоочистка в керамическом фильтре импульсном (ФКИ)



**Важно:** Керамические фильтрующие элементы могут быть установлены также в корпуса существующих рукавных фильтров при модернизации рукавной плиты и системы крепления элементов.



**ИТС 22-2016** Очистка выбросов (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на предприятиях.



# Волокнистые фильтрующие элементы



**БАКОР**  
ЭКОЛОГИЯ



Технические характеристики волокнистых керамических фильтрующих элементов.

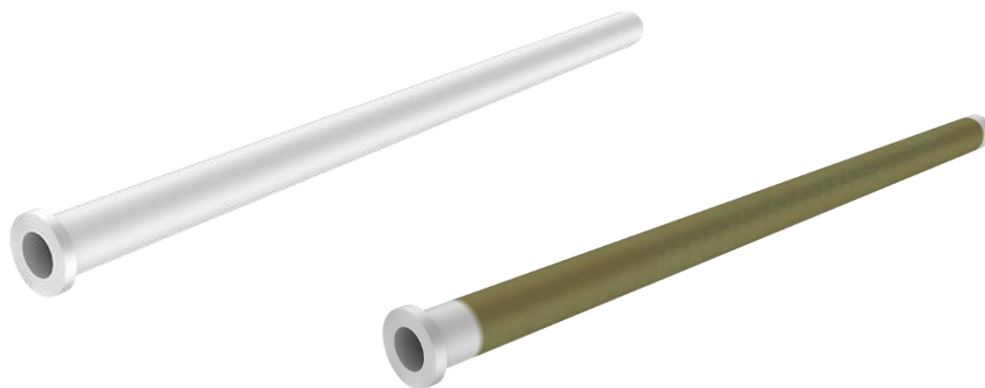
Параметр	Единица измерения	Значение
Рейтинг фильтрации	мкм	≤ 0,3
Пористость подложки	%	90
Плотность материала	г/см <sup>2</sup>	0,4
Прочность на изгиб (кольцевое сжатие)	МПа	≥ 1
Максимальная температурная устойчивость	°C	1000
Фильтрация горячих газов в окислительной среде	°C	750
Фильтрация горячих газов в восстановительной среде	°C	600
Скорость фильтрации	м/мин	до 3

Таблица ФГВК.

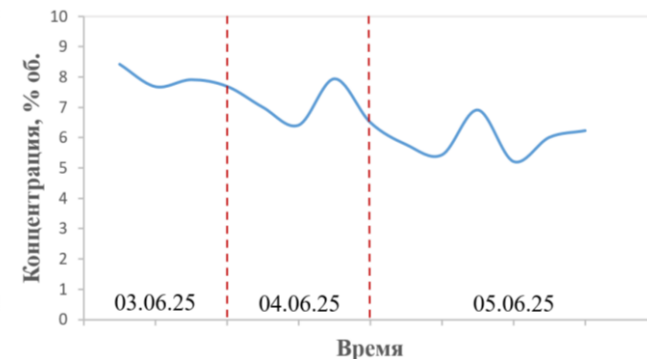
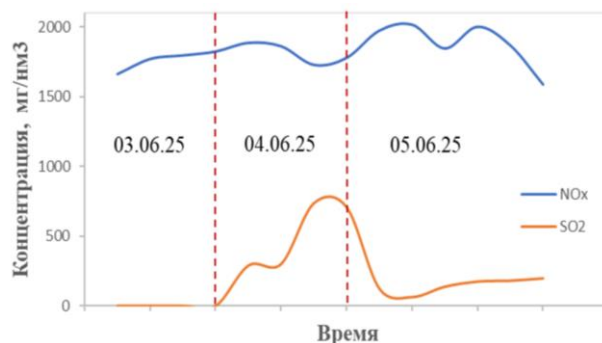
№ п/п	Типоразмер ФГВК	Площадь фильтрации (м <sup>2</sup> )	Длина (мм)	Диаметр фланца (мм)	Толщина фланца (мм)	Наружный диаметр (мм)	Внутренний диаметр (мм)	Толщина стенки (мм)
1	ФГВК 60x40-1000	0,17	1000	80	20	60	40	10
2	ФГВК 150x110-2000	0,85	2000	190	35	150	110	20
3	ФГВК 150x110-3000	1,32	3000	190	35			
4	ФГВК 150x110-4000р	1,74	4000	190	35			
5	ФГВК 150x110-4000ф	1,74	4000	210	30			
6	ФГВК 150x110-5000р	2,21	5000	190	35			
7	ФГВК 150x110-5000ф	2,21	5000	210	30			
8	ФГВК 150x110-6000р	2,67	6000	190	35			
9	ФГВК 150x110-6000ф	2,67	6000	210	30			

Р – резьбовое соединение компонентов.

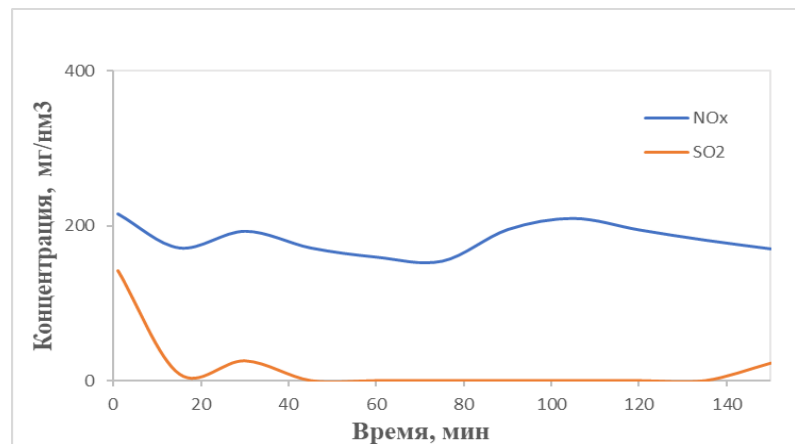
Ф – фланцевое соединение компонентов.



# Испытания пилотной установки газоочистки продуктов горения стекловаренной печи



Состав дымовых газов от стекловаренной печи



Содержание NOx и SO2 в отходящем газе после каталитического фильтра при одновременной сероочистке и денитрификации (ОСПГ – 1200 ч-1, T = 380 оС,

# Предложение. Базовый инжиниринг системы ГО



## Первый этап базового инжиниринга: проведение НИОКР

- Сбор исходных данных. Проведение инструментальных измерений.
- Проведение полупромышленных испытаний пилотной экспериментальной установки с отбором газов из дымоходного тракта стекловаренной печи. Определение эффективности очистки и энергетических затрат.
- Анализ полученных экспериментальных данных. Составление материальных балансов.
- Разработка технического задания на проектирование.



# Предложение. Базовый инжиниринг системы ГО

## Второй этап базового инжиниринга: проектирование.



Наименование документа

Наименование документа	Наименование документа
	МТС.
	МТС. Диаграммы блокировок
	Ведомость трубопроводов
<b>Технологическая документация</b>	
B01 Загрузка 100%, норм. темп. окружающей среды	
B02 Загрузка 70%, норм. темп. окружающей среды	
Таблицы потоков B01	
Таблицы потоков B02	
Данные по производству и потреблению	
Руководство по эксплуатации	
Описание сложных контуров регулирования	
<b>Технологические опросные листы</b>	
Реактор десульфуризации	
Циклон	
ФКИ	
Дымосос	
Дымовая труба	
Нагнетатель очищенного газа	
Емкость хранения аммиачной воды	
Испаритель аммиачной воды	
Емкость приготовления раствора NaOH	
Резервуар хранения раствора NaOH	
Насос подачи раствора NaOH	
Силос гидроксида кальция	
Шнековый питатель	
Пневмокамерный насос	
Пневмокамерный насос	
Пневмокамерный насос	
Пневмокамерный насос	
Пневмокамерный насос	
Пневмокамерный насос	
Силос отработанного реагента	
1-й котел-утилизатор	
2-й котел-утилизатор	
<b>Монтажно-технологическая схема</b>	
МТС. Легенда	

МТС.
МТС. Диаграммы блокировок
Ведомость трубопроводов
<b>Механическая документация</b>
Корпус ФКИ. Общий вид
Корпус ФКИ. Детали
Корпус ФКИ. Расчет на прочность
Реактор десульфуризации. Общий вид
Реактор десульфуризации. Детали
Реактор десульфуризации. Расчет на прочность
Циклон. Общий вид
Циклон. Детали
Циклон. Расчет на прочность
Коллекторы технологического газа на входе и выходе ФКИ
Седловые опоры для горизонтальных сосудов и теплообменников
Узлы сосудов. Опоры для изоляции на оборудовании с теплоизоляцией
Фирменная табличка ТТ
Узлы сосудов. Клемма заземления
Кожухотрубчатые теплообменники
Антизавихрители типов 1, 2, 3 и 4. Для штуцеров вывода жидких сред
Общие технические требования на изготовление, контроль качества и испытания оборудования и газоходов низкого давления
Общие допуски на стальные детали
Общие технические требования на подъемные устройства и устройства для захвата груза
Технические требования на окраску
Технические требования на изоляцию
Моменты затяжки болтов для фланцев газоходов
Технические требования на опоры газоходов и трубопроводов

### Документация на КИПиА

Общие технические требования на средства КИПиА
Опросный лист для базового проектирования КИПиА
Применение принципа "2 из 3" в РСУ и ПАЗ

Наименование документа

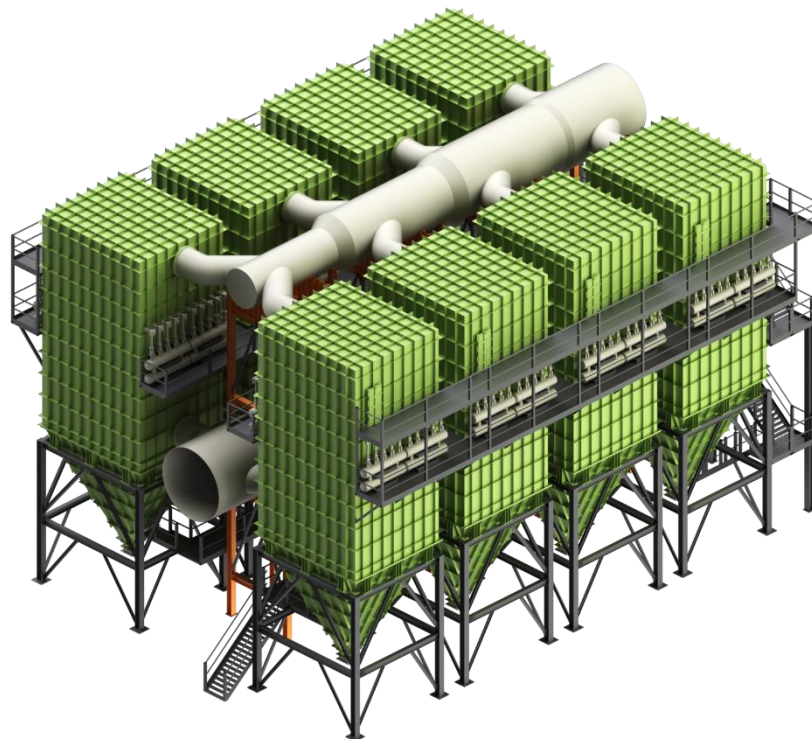
Общие технические требования к распределенной системе управления (РСУ)
Общие технические требования к системе противоаварийной защиты (ПАЗ)
Опросные листы контуров КИПиА. Контур расхода
Опросные листы для средств КИПиА. Контур уровня
Опросные листы для средств КИПиА. Контур давления
Опросные листы для средств КИПиА. Контур температуры
Опросные листы контуров КИПиА. Контур анализа
Опросные листы контуров КИПиА. Контур различные
Опросные листы контуров КИПиА. Регулирующая и запорная арматура
Опросные листы контуров КИПиА. Предохранительные клапаны

### Электротехническая документация

Список электрических нагрузок
Список электрооборудования



# Предложение. Изготовление, монтаж и пуск-наладка системы ГО



# Информация о НИЦ Экология



[Презентация](#)



[Референции](#)



[Публикации](#)



# Спасибо за внимание



НТЦ «Бакор»  
108851, г. Москва  
Г. Щербинка, ул.  
Южная, 17

Тел:  
+7 (495) 502-78-68  
E-mail:  
[client@ntcbakor.ru](mailto:client@ntcbakor.ru)  
[www.ntcbakor.ru](http://www.ntcbakor.ru)

