



Комплексные решения по пыли газоочистке и термическому обезвреживанию отходов

**Руководитель лаборатории газоочистки
к.т.н. Серебрянский Д.А.**

**Видео
версия**



О группе компаний Бакор



1991
год основания
компании

Разработка керамических
фильтрующих элементов
уникальных для России

2011 г.

Бакор в 30-ке
высокотехнологичных
компаний России

2020 г.

Включен
Минпромторгом
в список предприятий ОПК

разработка эффективных
коррозионностойких огнеупоров и
теплоизоляционных материалов

1998 г.

Открыто направление
машиностроительного
производства

2017 г.

Бакор получил статус
Промышленного комплекса
России

2022 г.

Направления деятельности НТЦ «Бакор»



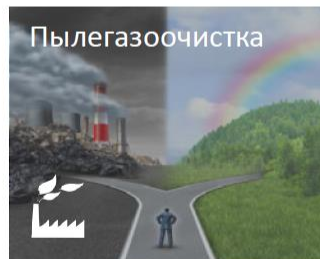
Огнеупоры

Специализированная
промышленная и
огнеупорная керамика



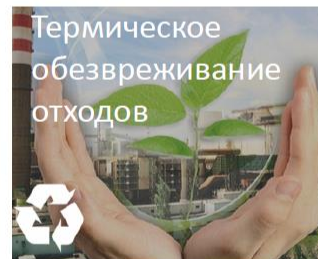
Фильтрация

технологических
суспензий и растворов



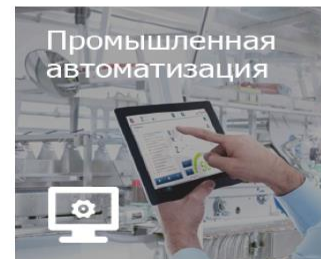
Пылегазоочистка

в.т.ч. высокотемпературная
фильтрация газов



Термическое
обезвреживание
отходов

Разработка технологии и
производство оборудования
для ТО



Промышленная
автоматизация

Цифровизация и
автоматизация оборудования
и технологических процессов

Дополнительные материалы: 

www.ntcbakor.ru

Выбросы в атмосферу



п/п	Отрасль	Для систем очистки газов:
1	Черная и цветная металлургия	Плавильных и обжиговых печей, сушильных барабанов и др. Аффинажное производство.
2	Вторичная металлургия	Плавильные и обжиговые печи (например, обжиг титановой стружки и т.д.)
3	Химическая и нефтехимическая промышленность	Печей Клауса, систем регенерации катализаторов, установок крекинга и т.д.
4	Энергетика, коммунальная энергетика	Котлов на твердом топливе.
5	Обращение с отходами	Роторных, камерных, пиролизных и других инсинераторов
6	Не-высокотемпературные процессы	Узлы пересыпок сыпучих материалов, пневмотранспор, дробилки, элеваторы, сушильные барабаны



Выбросы в атмосферу

Технологический процесс	Температура газов, °С	Выбросы в атмосферу								
		Пыль, мг/м ³	Зола, мг/м ³	NOx, мг/м ³	CO, мг/м ³	SO ₂ , мг/м ³	HF, мг/м ³	HCl, мг/м ³	ЛОС	ПХДД/ ПХДФ, нг ТЕQ/м ³
Печь плавки вторичного алюминия	900-1300	1200	750		2500	1200	5	1300	Углеводороды Бенз(а)пирен	15
Печь плавки вторичной меди		1000	500				10	800		12
Плавка стали в ДСП		10000		550	13500	5			Углеводороды Бенз(а)пирен	2
Коксохимическая батарея		900		650		250				
Стекловаренная печь		100		1260		224				
Агломерация ЖРК		650		1800		500	5		Углеводороды	12
Печь сжигания отходов		1000	50		50	1600	40	50	Углеводороды Бенз(а)пирен	20



Выбросы в атмосферу от стекловаренных печей

ИТС 5 – 2015 Производство стекла

Загрязняющее вещество	Удельный выброс, кг/т сваренной стекломассы
Оксиды азота (в пересчёте на NO ₂)	≤ 15,0
Монооксид углерода (CO)	≤ 1,5
Пыль неорганическая (суммарно)	≤ 1,5

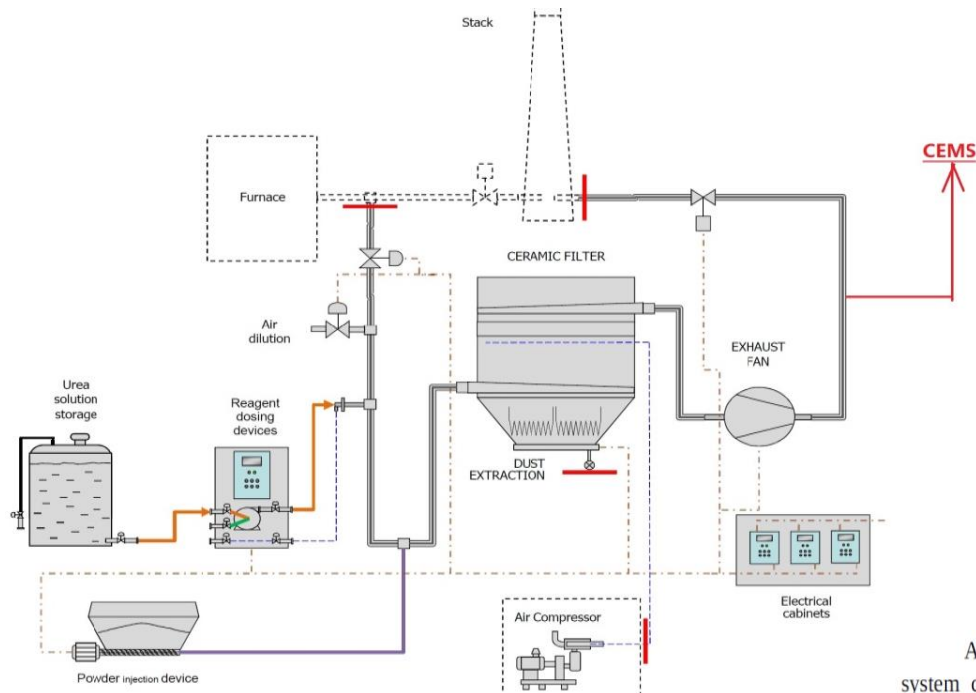


6.7 Application of ceramic and catalytic ceramic filters for the removal of multiple pollutants from process waste gases

Table 8.13: Main pollutants likely to be considered for measurement in the glass industry

Sector/activity	Pollutants
Container glass	
Materials handling	Dust, crystalline silica
Melting process	Dust, CO, NO _x , SO _x , HF, HCl, heavy metals
Hot-end coating or treatment	Dust, organic and inorganic tin, HCl, SO _x
Flat glass	
Materials handling	Dust, crystalline silica
Melting process	Dust, CO, NO _x , SO _x , HF, HCl, heavy metals (for coloured glasses)
Surface treatment	SO _x
Continuous glass filament	
Materials handling	Dust, crystalline silica
Melting process	Dust, CO, NO _x , SO _x , HF, HCl, boron compounds
Downstream activities	Dust, VOC, formaldehyde, ammonia, waste water
Domestic glass	
Materials handling	Dust, crystalline silica, heavy metals
Melting process	Dust, CO, NO _x , SO _x , HF, HCl, heavy metals, boron compounds
Downstream activities	HF, Pb, waste water (from polishing and grinding)
Special glass	
Materials handling	Dust, crystalline silica, heavy metals
Melting process	Dust, CO, NO _x , SO _x , HF, HCl, heavy metals, boron compounds
Downstream activities	Dust, Pb, waste water (from polishing and grinding)
Mineral wool	
Materials handling	Dust, crystalline silica
Melting process	Dust, CO, NO _x , SO _x , HF, HCl, boron compounds, H ₂ S
Downstream processes	Dust, VOC, phenols, amines, ammonia, formaldehyde, VOC, NO _x (curing), waste water

Керамический каталитический фильтр за стекловаренной печью. Китай 2018 г



According to the Government Source Testing data, in normal running, Langfang CCF system can get the SO_2 reduction $>70\%$ and NO_x reduction $>74\%$. The filter system can guarantee the Particulate data $< 20 \text{ mg/M}^3$. For about one year since installation, the Langfang

Figure 4. CCF system process flowchart

Продуктовая линейка.

Аппараты центробежной очистки газов

Циклофильтр

Камеры дожигания газов

Трубчатые теплообменные аппараты

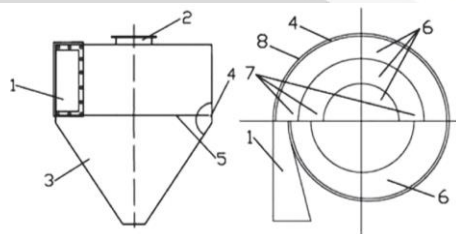
Фильтр керамический импульсный

Аппараты пылеочистки – Центробежный фильтр



Назначение:

Для очистки газо-воздушных потоков от золы и пыли с температурой до 450 град и концентрацией твердых частиц до 1000 г/м³. Предварительная ступень очистки.



- 1 – входной патрубок;
- 2 – выходной патрубок;
- 3 – конический бункер;
- 4 – кольцевая щель;
- 5 – днище головки;
- 6 – криволинейные каналы;
- 7 – рециркуляционные щели;
- 8 – сепарационная камера

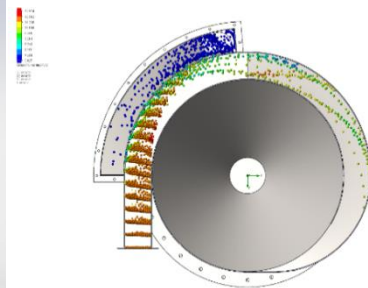
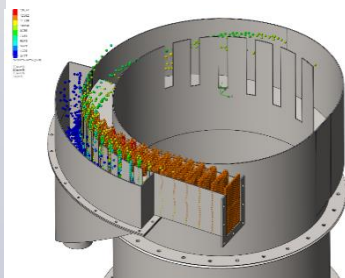
ЦФ - 2 - 6 - 10 - В

- В - вертикальная ось вращения газового потока
- Г - горизонтальная ось вращения газового потока
- Расход очищаемых газов (тыс. м³/час.) (от 1 до 50)
- Количество каналов в аппарате (от 2 до 8)
- Количество уровней в головке аппарата (от 1 до 2)
- Центробежный фильтр

Дополнительные материалы:



Аппараты пылеочистки - Циклофильтр



Назначение:

Для очистки газо-воздушных потоков от золы и пыли с концентрацией твердых частиц до 1000 г/м³ с температурой до: 240 град. в случае применения тканых ф.э 500 град. в случае применения керамических ф.э.

- Расход очищаемых газов от 1 до 100 тыс.м³/час



Дополнительные материалы:



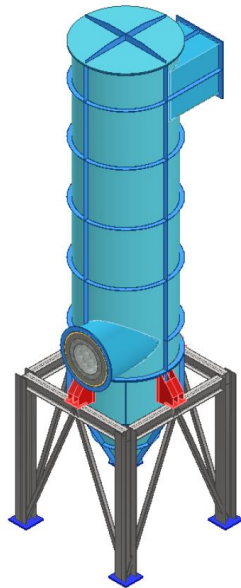
Камера дожигания продуктов горения



Камерный
тип



циклонный
тип



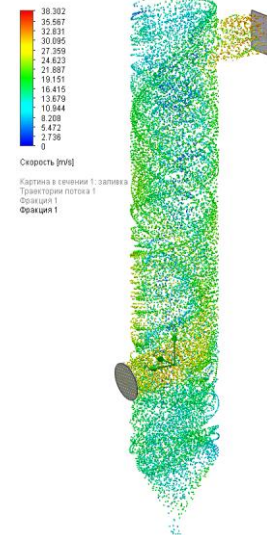
- Дожигание ПГ: СО, сажи, ЛОС, углеводородов, диоксинов.

- Температура в КД: 900 – 1200 град.

- Время пребывания ПГ в КД от 0,7 до 2 сек.

- Контролируемая подача воздуха в КД

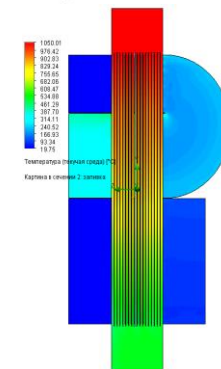
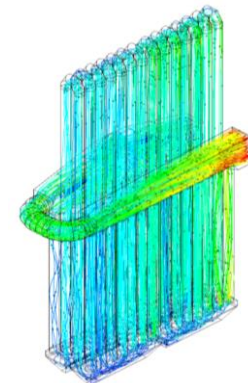
- Расход дожигаемых ПГ от 1 до 100 тыс.нм³/час



Трубчатые теплообменники газ/воздух



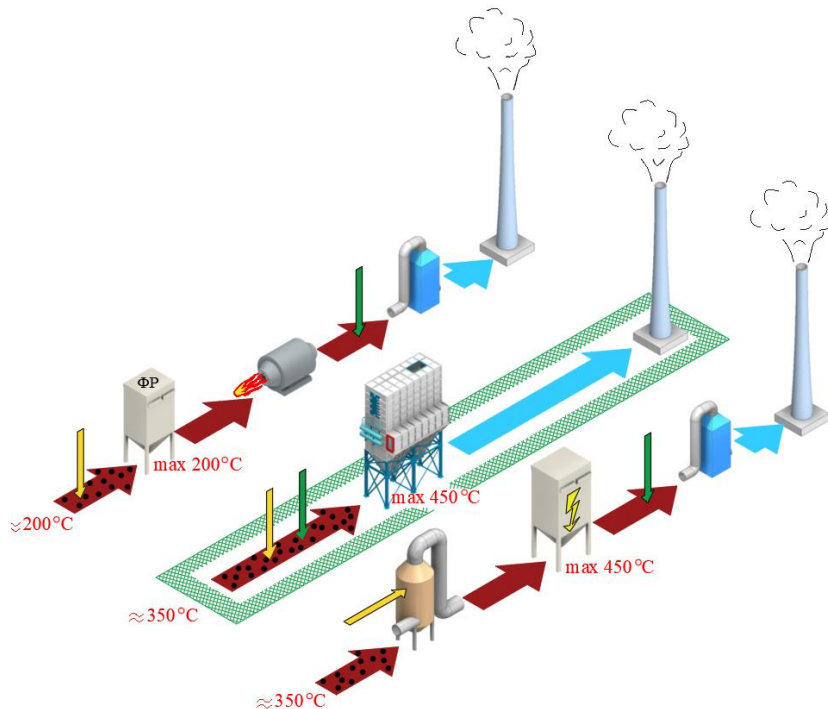
- Охлаждение газов с 1200 до 150 град.
- Расход охлаждаемых газов с 1 до 500 тыс.м³/час.
- Аэродинамическое сопротивление ТО до 600 Па.
- Охлаждение запыленных газов.



Дополнительные материалы:



Типовые актуальные решения по комплексной газоочистке



№ п/п	Параметр	Значение	Единица измерения
1	Производительность печи	3,56	т/час
2	Фонд работы печи	7 200	ч/год
3	Расход пг	11 107	м³/ч
4	Температура газа	400	°С
5	Удельный выброс ПХДД*	22,8	мкг/т сырья
6	Такса за выброс ПХДД**	404 000 000 000	Руб./т
7	ПДВ ПХДД	-	т/год
8	Экологический риск (НВОС+ Вред атмосферному воздуху)	12 814 470	Руб./год

*- Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries, European Union 2017. EUR 28648 EN, doi:10.2760/8224.

** - Приказ Минприроды России №59 от 28.01.2021 Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного атмосферному воздуху как компоненту природной среды

В перспективе 1-10 лет проблема будет становиться все более актуальной, так как ужесточаются экологические нормативы.

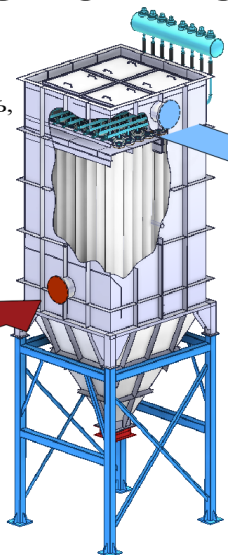
Комплексная газоочистка в ФКИ



Сорбент:
Бикарбонат натрия,
Активированный уголь,
Известь гашеная

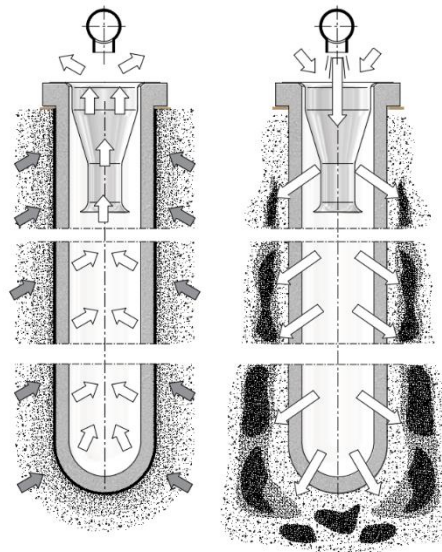
ВХОД

Сорбент
PM
SO_x
HF
HCl
ЛОС
CO
NO_x
Диоксины



ВЫХОД

**Эффективность
очистки:**
PM = 2...5 мг/м³
SO_x - 90%
HF - 95%
HCl - 95%
ЛОС - 98%
CO - 95%
NO_x - 95%
Диоксины - 99%



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.

Дополнительные материалы:



Очистка газов в керамических фильтрах. Справочники ИТС НДТ и ВАТ



№ п/п	Название документа
1	ИТС 22-206 Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях
2	ИТС 47-2017 Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности
3	Best Available (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass
4	Best Available (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production
5	Best Available (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries
6	Best Available (BAT) Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals
7	Best Available (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas
8	Best Available (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries
9	Best Available (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector



ОЧИСТКА ВЫБРОСОВ
ВРЕДНЫХ (ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ) ВЕЩЕСТВ
В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ (ТОВАРОВ),
А ТАКЖЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ
И ОКАЗАНИИ УСЛУГ
НА КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ



JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT
Best Available Techniques (BAT)
Reference Document for the
Non-Ferrous Metals Industries

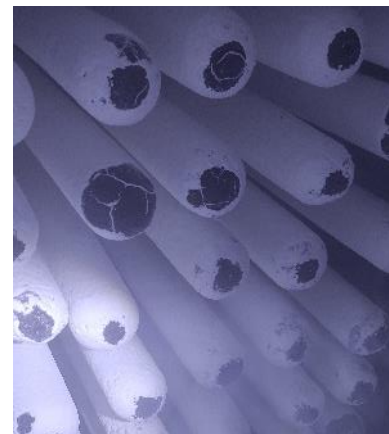
Industrial Emissions Directive
(2010/75/EU)
(Strategic Policy
Framework and Guidance)
Industrial Emissions Directive
(2010/75/EU)
(Strategic Policy
Framework and Guidance)
18th August 2015



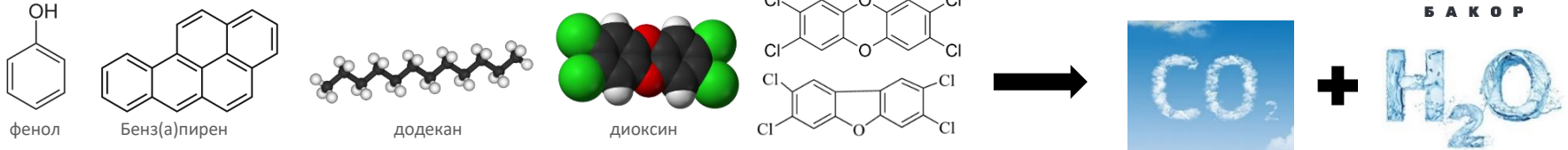
Процессы в ФКИ: хемосорбционная очистка



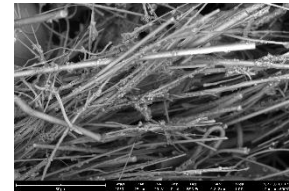
Компонент газа	Реакция	Продукты
При подаче гашеной извести Ca(OH)₂		
Оксиды серы	$2\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	Сульфит кальция при взаимодействии с SO ₂
	$\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	Сульфат кальция при взаимодействии с SO ₃
	$\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_3 = \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	
Фтороводород	$\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HF} = \text{CaF}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	Фторид кальция
Хлороводород	$\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	Хлорид кальция
При подаче соды NaHCO₃		
Оксиды серы	$2\text{NaHCO}_3 + \text{SO}_2 = 2\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Сульфит натрия при взаимодействии с SO ₂
	$2\text{NaHCO}_3 + \text{SO}_3 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Сульфат натрия при взаимодействии с SO ₃
Фтороводород	$\text{NaHCO}_3 + \text{HF} = \text{NaF} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Фторид натрия
Хлороводород	$\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Хлорид натрия



Процессы в ФКИ: каталитическая очистка



Компонент газа	Реакция	Продукты
Окислительный катализатор MgCr₂O₄		
Монооксид углерода (угарный газ)	$\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CO}_2$	Углекислый газ
ЛОС:	$\text{C}_x\text{H}_y + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	
Пропан	$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	Углекислый газ, водяной пар
Додекан	$2\text{C}_{12}\text{H}_{26} + 37\text{O}_2 = 24\text{CO}_2 + 26\text{H}_2\text{O}$	
Фенол	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O} + 7\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	
Бенз(а)пирены	$\text{C}_{20}\text{H}_{12} + 23\text{O}_2 = 20\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	
Диоксины:		
Тетрахлордибензодиоксин	$\text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O}_2 + 11\text{O}_2 = 12\text{CO}_2 + 4\text{HCl}$	Углекислый газ, пары воды, соляной кислоты
Тетрахлордibenзофуран	$2\text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O} + 23\text{O}_2 = 24\text{CO}_2 + 8\text{HCl}$	
Восстановительный катализатор V₂O₅-MoO₃-WO₃		
Оксиды азота NOx	$4\text{NO} + 4\text{NH}_3 + \text{O}_2 = 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	Азот и пары воды
	$\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NH}_3 = 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	
	$6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 = 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$	

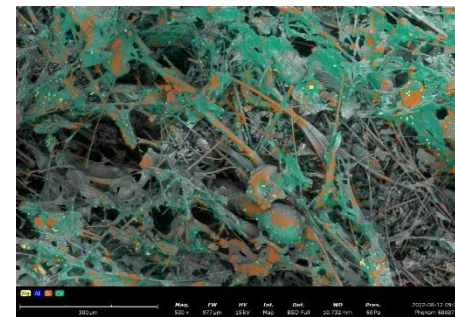
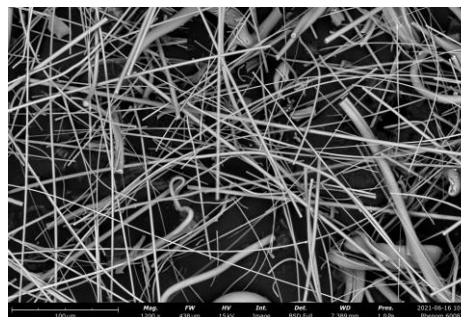


Фильтры газовые волокнистые керамические - ФГВК

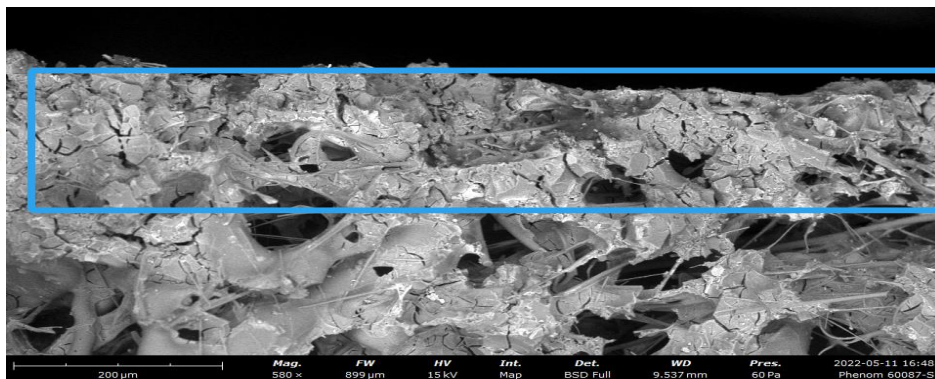
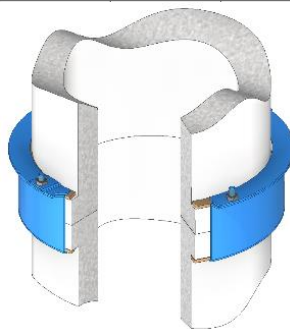
Технические характеристики волокнистых керамических фильтрующих элементов.

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

Таблица ФГВК.



№ п/п	Типоразмер ФГВК	Площадь фильтрации (м ²)	Длина (мм)
1	ФГВК 60x40-1000	0,17	1000
2	ФГВК 150x110-2000	0,85	2000
3	ФГВК 150x110-3000	1,32	3000
4	ФГВК 150x110-4000р	1,74	4000
5	ФГВК 150x110-4000ф	1,74	4000
6	ФГВК 150x110-5000р	2,21	5000
7	ФГВК 150x110-5000ф	2,21	5000
8	ФГВК 150x110-6000р	2,67	6000
9	ФГВК 150x110-6000ф	2,67	6000



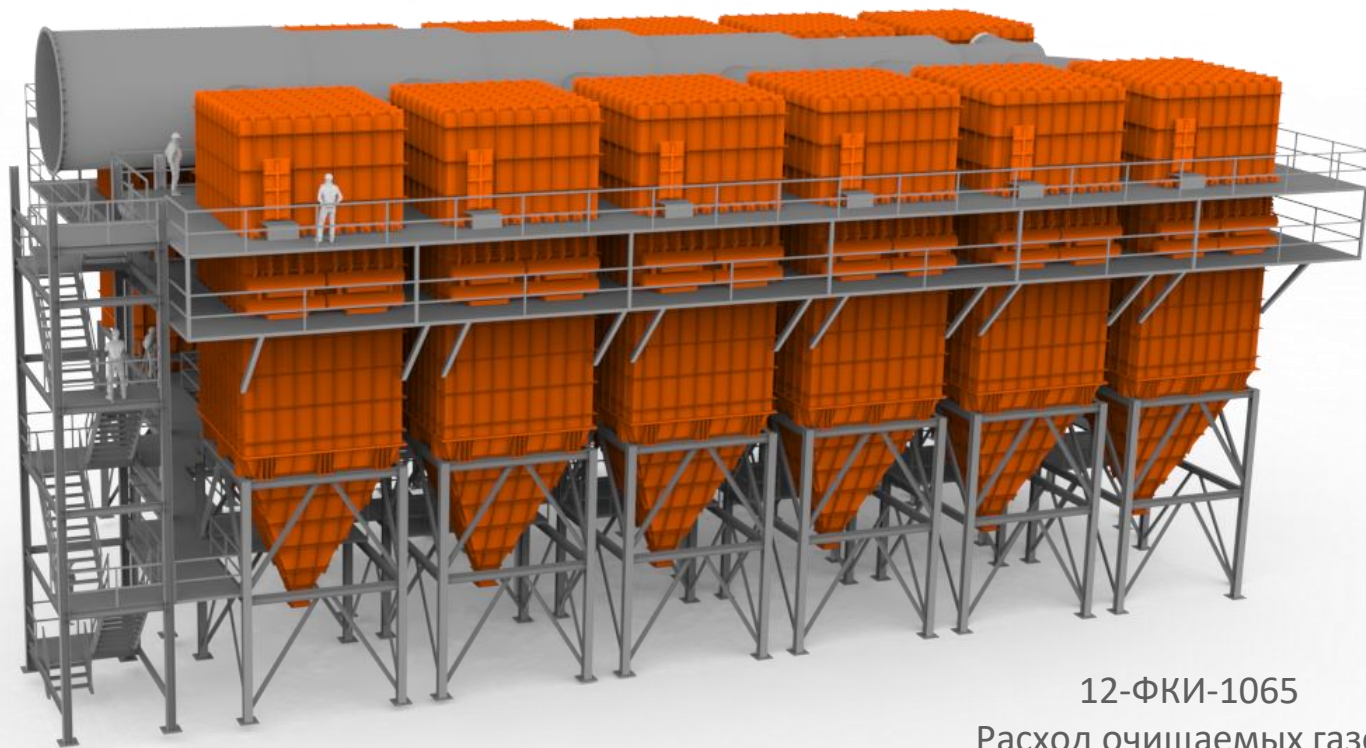
Р – резбовое соединение компонентов.

Ф – фланцевое соединение компонентов.

Дополнительные материалы:



Типоразмерный ряд ФКИ



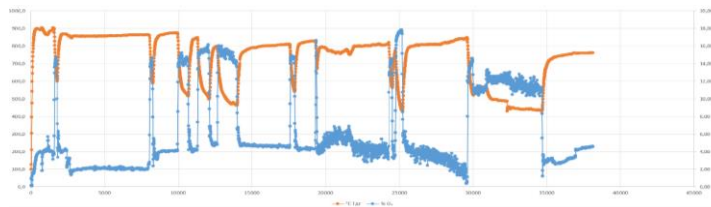
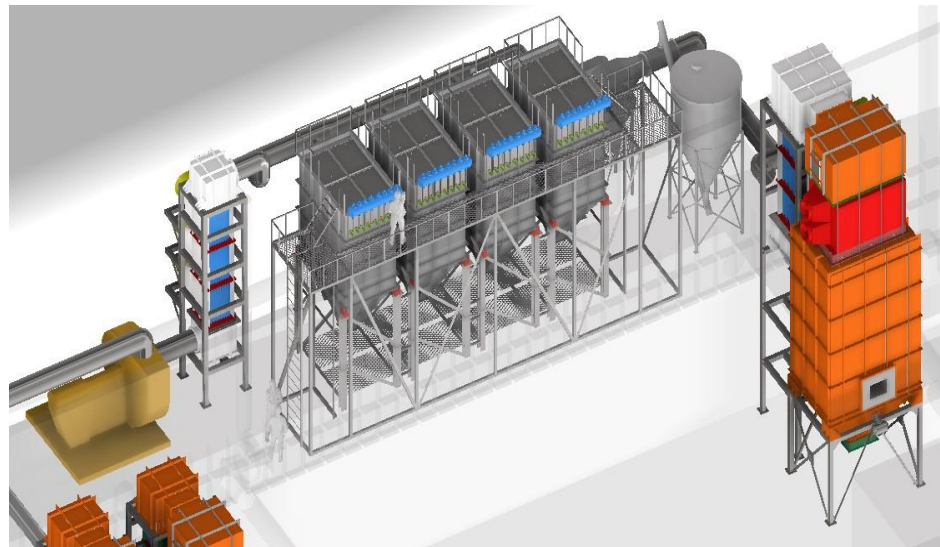
ФКИ 9,8

18

12-ФКИ-1065
Расход очищаемых газов
до 1 млн. м³/ч

www.ntcbakor.ru

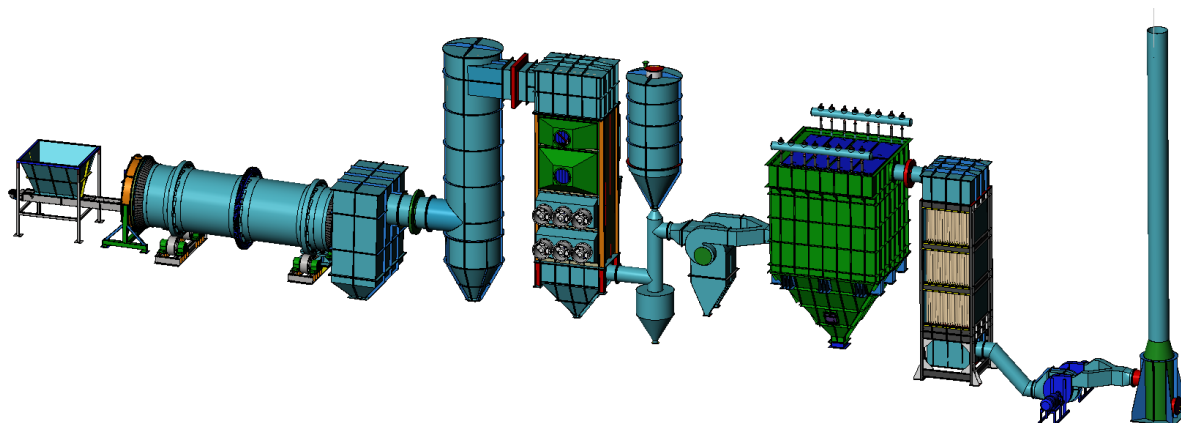
Системы отвода и очистки газов на основе ФКИ для плавильных печей



Дополнительные материалы: 

Установка термического обезвреживания УТО 1000 Р

Для термического обезвреживания отходов 3-5 класса опасности в соответствии с ФККО-2014



Установки термического обезвреживания

- Серия К – печи камерного типа
- УТО 100К; УТО 200К
- Серия Р – печи роторного типа
- УТО 400Р, УТО 600Р, УТО 800Р, УТО 1000Р
- (производительность приведена к теплотворной способности отхода 3500 Ккал/кг)



РОСПРИРОДНАДЗОР

Федеральная служба по надзору
в сфере природопользования

Положительное
заключение ГЭЭ

Практические примеры опытно – пилотных испытаний керамического фильтра в различных отраслях промышленности

Комплексная очистка газов от Вельц печи в керамическом фильтре.



Маркерные показатели	Концентрации до очистки, мг/Нм ³ (в потоке)	Концентрации после очистки, мг/Нм ³ (за фильтром)	Эффективность очистки, %
Взвешенные частицы (пыль)	Вельц: 18965	9	99,95
	Прокалка: 1652	7	99,57
СО (углерода оксид)	2189 - 3272	269 - 376	87,71 - 88,51
С ₁ -С ₅ (углеводороды)	513 - 1022	80 - 264	74,17 - 84,41
НСl (хлористый водород)	13,12 - 50,16	3,13 - 6,03	76,14 - 87,98
HF (фтороводород)	3,301 - 3,987	0,592 - 0,678	82,07 - 82,99

Дополнительные материалы:



Испытания УТО 100К с ФКИ 9,8. Термическое обезвреживание отходов



Маркерные показатели	Концентрация до очистки, мг/Нм ³	Концентрация после очистки, мг/Нм ³	Эффективность очистки, %	Нормативы ВАТ, мг/Нм ³
Взвешенные вещества	810±4,1	<10	98,76-99,77	< 2-5
СО	935,4±47,2	43,8±2,2	94,82-95,77	10-50*
ЛОС (С ₁₂ -С ₁₉)	7,1±0,355	0,9±0,04	87,25-87,39	< 3-10*
ЛОС (С ₁ -С ₆)	150,4±15	18,2±1,8	85,33-90,18	< 3-10*
SO ₂	59,1±2,93	<10	82,20-83,88	5-30*
НCl	9,34±0,47	<2	77,45-79,61	< 2-6*
HF	0,2±0,01	<0,03	84,21-85,71	≤ 1*
Бенз(а)пирены	0,00127±0,0006	<0,00001	98,51-99,47	-
PCDD/PCDF, [нг I-TEQ/Нм ³]	0,01±0,0005	< 0,001	89,47-90,48	< 0,01-0,06
Cd, Tl	0,054±0,0027	ниже предела обнаружения	-	0,005-0,02
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	3,02±0,151	ниже предела обнаружения	-	0,01-0,3

Примечание:

* – среднесуточные пороговые значения выбросов;

** – средние пороговые значения выбросов для диоксинов и фуранов, где минимальный период отбора равен 6 часам, а максимальный – 8 часам;

*** – средние пороговые значения выбросов для тяжелых металлов, где минимальный период отбора равен 30 минутам, а максимальный – 8 часам.

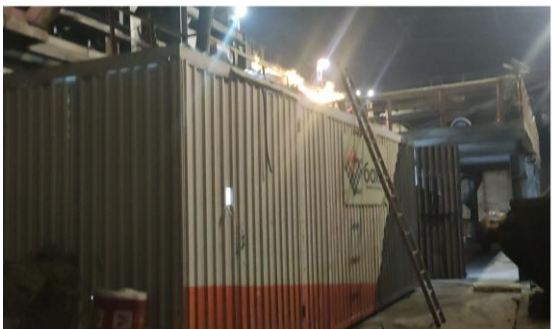
Дополнительные материалы:



Best Available Techniques for the Waste Incineration, 2019. ИТС НДТ 9-2020

www.ntcbakor.ru

Испытания ФКИ 9,8. Печи плавки вторичной меди



№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Печь отражательная 1	Печь отражательная 2
1	Время работы установки		10.12.2021 – 16.12.2021	17.12.2021 – 23.12.2021
2	Подача сорбента	кг/час	4-5	-
3	Удельная газовая нагрузка	нм/ч	60-70	60
4	Частота срабатывания импульсной регенерации	раз/час	0,25	0,8-5
5	Давление срабатывания импульсной регенерации	кПа	1,7	1,7
6	Медианный диаметр частиц пыли, d_{50}	мкм	6,4	8,6
7	Концентрация твердых частиц на входе в ФКИ 9,8 Без учета извести/ с учетом подачи извести	мг/Нм ³	548 / 18548	665
8	Концентрация твердых частиц на выходе из ФКИ 9,8	мг/Нм ³	5	5
9	Эффективность очистки от твердых частиц, Без учета извести/ с учетом подачи извести	%	99,1/ 99,9	99,3
10	Хлористый водород на выходе из ФКИ 9,8	мг/м ³	<2	-
11	Фтористый водород на выходе из ФКИ 9,8	мг/м ³	<0,03	-
12	ПХДД/Ф на выходе из ФКИ 9,8	мг/м ³	<1e-9	-

Best available techniques (BAT) reference document for the non-ferrous metals industries. ИТС НДТ 3-2019

Испытания ФКИ 0,02. Печи плавки вторичного алюминия



Печь №1

Маркерные показатели	Конц. до очистки, мг/Нм ³	Конц. после очистки, мг/Нм ³	Эффективность очистки, %	Нормативы ВАТ, мг/Нм ³
Взвешенные вещества	1180 ^{±108,6}	1,1 ^{±0,53}	99,91	2-5
СО	377,97 ^{±18,9}	68,4 ^{±12,5}	81,90	-
ЛОС (углеводороды)	5620 ^{±20}	546 ^{±109*}	90,28	≤ 10-30
SO ₂	633,19 ^{±31,7}	1,68 ^{±14,3}	99,73	50-300
HCl	1325	16 ^{±3}	98,79	≤ 5-10
HF	3,3 ^{±0,7}	0,017 ^{±0,003}	99,48	≤ 1
Бенз(а)пирены	0,002478	2,5×10 ⁻⁷	99,99	-
ПХДД/Ф, [нг I-ТЕQ/Нм ³]	20 ^{±4}	0,02×10 ⁻³	99,99	≤ 0,1

Печь №2

Маркерные показатели	Конц. до очистки, мг/Нм ³	Конц. после очистки, мг/Нм ³	Эффективность очистки, %	Нормативы ВАТ, мг/Нм ³
Взвешенные вещества	881 ^{±93,4}	1,1	99,87	2-5
СО	2964,62 ^{±296,5}	68,4 ^{±12,5}	97,69	-
ЛОС (углеводороды)	3254,10 ^{±325,4}	281,24 ^{±28,1*}	91,36	≤ 10-30
SO ₂	1680,82 ^{±84,0}	5,90 ^{±14,3}	99,64	50-300
HCl	761	33 ^{±7}	95,66	≤ 5-10
HF	3,3 ^{±0,7}	0,017 ^{±0,003}	99,48	≤ 1
Бенз(а)пирены	0,002478	2,5×10 ⁻⁷	99,99	-
ПХДД/Ф, [нг I-ТЕQ/Нм ³]	15 ^{±3}	0,02×10 ⁻³	99,99	≤ 0,1

Испытания ФКИ 5,3 ГОК (пылеочистка) пыль окатышей



№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Установка ФКИ 5,3
1	Среднее время фильтроцикла, в АС $\varphi=100\%$, + капельная влага	мин	18,3
2	Среднее время фильтроцикла, в АС $\varphi<100\%$.	мин	35,0
3	Начальное Δp (после регенерации). $\varphi=100\%$, + капельная влага	Па	1280
4	Начальное Δp (после регенерации), $\varphi<100\%$.	Па	1280
5	Предельное Δp (перед регенерацией).	Па	1500
6	Концентрация пыли на входе.	г/м ³	5,0
7	Концентрация пыли на выходе.	мг/м ³	4
8	Эффективность очистки	%	99,92

Испытания ФКИ 5,3 ГОК (пылеочистка). Апатит.



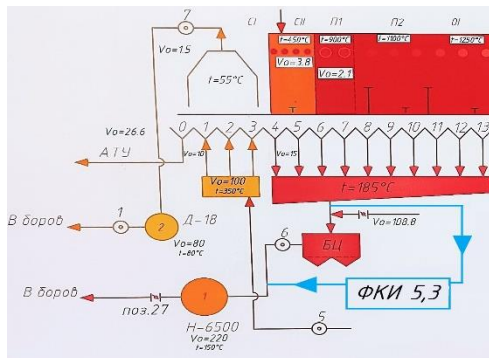
№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Установка ФКИ 5,3
1	Среднее время фильтроцикла,	мин	20
2	Медианный диаметр частиц пыли	мкм	5
3	Удельная газовая нагрузка	м3/м2*час	75
4	Начальное Δp (после регенерации),	Па	2000
5	Предельное Δp (перед регенерацией).	Па	2600
6	Концентрация пыли на входе.	г/м ³	7,2
7	Концентрация пыли на выходе.	мг/м ³	9
8	Эффективность очистки	%	99,9

Испытания ФКИ 5,3 ГОК (пылеочистка). Сушильный барабан ЖРК



№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Установка ФКИ 5,3
1	Среднее время фильтроцикла,	мин	60
2	Медианный диаметр частиц пыли	мкм	10,6
3	Удельная газовая нагрузка	м3/м2*час	75
4	Начальное Δp (после регенерации),	Па	900
5	Предельное Δp (перед регенерацией).	Па	1500
6	Концентрация пыли на входе.	г/м ³	1
7	Концентрация пыли на выходе.	мг/м ³	8
8	Эффективность очистки	%	99,2

Испытания ФКИ 5,3 ГОК (пылеочистка). Обжиг окатышей



№ п/п	Параметр	Ед. изм.	Установка ФКИ 5,3
1	Среднее время фильтроцикла,	мин	174
2	Медианный диаметр частиц пыли	мкм	7,4
3	Удельная газовая нагрузка	м3/м2*час	75
4	Начальное Δр (после регенерации),	Па	900
5	Предельное Δр (перед регенерацией).	Па	1500
6	Концентрация пыли на входе.	г/м ³	1,124
7	Концентрация пыли на выходе.	мг/м ³	7
8	Эффективность очистки	%	99,4

Экономические аспекты применения комплексной газоочистки с керамическим фильтром

Экономические аспекты



Система газоочистки состоит из реактора кислых газов шахтного типа и рукавного фильтра				Система газоочистки состоит из камеры дожигания газов, теплообменных аппаратов и керамического каталитического фильтра			
		знач.	ед.измерения		знач.	ед.измерения	
1	Расход очищаемого газов	6300	нм3/час	1	Расход очищаемого газов	5700	нм3/час
2	температура газов	800	град	2	температура газов	1000	град
3	температура воздуха подсоса для охлаждения	30	град	3	температура воздуха подсоса для охлаждения	нет	нет
4	Расход воздуха на охлаждение газов	48000	нм3/час	4	Расход воздуха на охлаждение газов	нет	нет
5	Суммарный расход газов	54300	нм3/час	5	Суммарный расход газов, с учетом камеры дожигания	6300	нм3/час
6	Температура смеси газов	125	град	6	Температура смеси газов		
7	Расход очищаемого газов в раб.условиях	79015	м3/час	7	Расход очищаемого газов в раб.условиях перед ГО	32000	м3/час
8					после охлаждения газов в трубчатых теплообменных аппаратах, расход в рабочих условиях при температуре 140 град, составит	9234	м3/час
9	Площадь рукавного фильтра	1778	м2	9	Площадь керамического фильтра	335	м2
10	Потребная мощность на валу электродвигателя дымососа системы газоочистки	270	кВт	10	Потребная мощность на валу электродвигателя дымососа системы газоочистки	57	кВт
11	Затраты на электрическую энергию для привода дымососа, при цене 1 кВт - 5 руб.	11	млн. Руб. /год	11	Затраты на электрическую энергию для привода дымососа, при цене 1 кВт - 5 руб.	2,3	млн. Руб. /год
12	Цена фильтровальной ткани	1000	Руб./м2	12	Цена керамического фильтрующего элемента	13000	Руб./м2
13	Цена комплекта рукавов на рукавный фильтр	1778000	Руб.	13	Цена комплекта рукавов на рукавный фильтр	4355000	Руб.
14	Срок службы комплекта рукавов	1	год	14	Срок службы комплекта рукавов	2,5	год
15	Затраты на рукава для фильтра	1,778	млн.Руб./год	15	Затраты на керамические ф.э.	1,742	млн.Руб./год
16	Цена комплекта оборудования системы газоочистки	70	млн.Руб.	16	Цена комплекта оборудования системы газоочистки	100	млн.Руб.

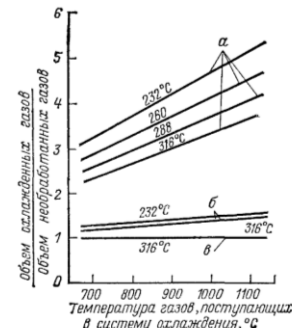


Рис. 3.1. Изменение объема отходящих газов (приведенного к нормальным условиям) для различных температур их охлаждения в зависимости от начальной температуры: Линии заданных температур охлаждения газов добавлением воздуха (а); впрыскиванием воды (б); при помощи котла-утилизатора (в)

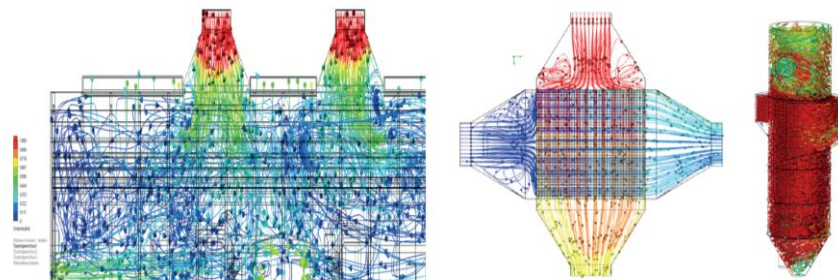
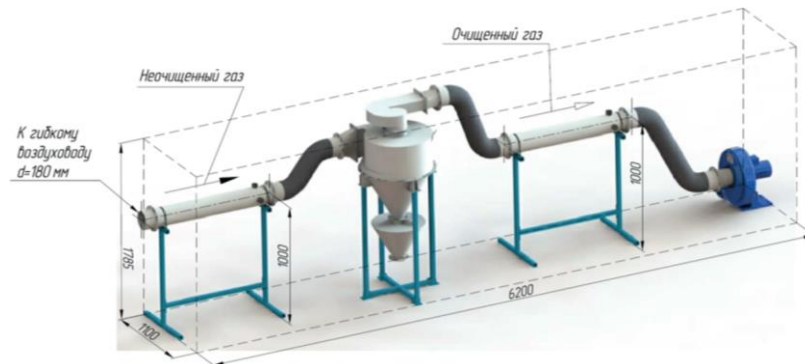
Срок окупаемости внедрения керамического фильтра за счет снижения затрат на электрическую энергию составит: $(100-70)/(11-2,3)=3,5$ года

Аудит систем очистки газов. Проведение ППИ.



национальная
система
аккредитации
инфраструктура
доверия

Аттестат
аккредитации
РА.RU.21H063



Алгоритм взаимодействия



Проведение
НИОКР



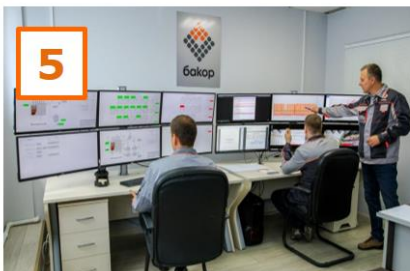
Проведение полупромышленных
испытаний с пилотной установкой



Разработка
технических решений



Изготовление, поставка,
шефмонтаж и
пусконаладка



Сервисное обслуживание с
возможностью подключения к
ситуационному центру



Поставка сменных керамических
фильтрующих элементов и запасных частей

Референции



№		
1	Технологическая линия производства каолина. Установлен ЦФ-2-6-6	ООО «Байкальские минералы» (РФ, Иркутская область, г. Черемхово)
2	<p>Аспирация цементных мельниц №8, 9, 10. Коэффициент улавливания пыли 92...94%. - установлены 4 центробежных фильтра ЦФ2-6-22.5; - установлены 2 центробежных фильтра ЦФ2-2-45Г; - установлены 2 центробежных фильтра ЦФ1-6-8; - установлен 1 центробежный фильтр ЦФ2-2-16Г; - модернизация рукавного фильтра ФРИР.</p>	ОА «Евроцемент» (Украина, г. Балаклея)
3	Аспирация цементных мельниц. Коэффициент улавливания пыли 92...94% (Q=20 тыс.м3/ч)-6-20 - установлены 4 центробежных фильтра ЦФ2-6-20	ОА «Евроцемент» (Украина, г. Краматорск)
4	Аспирация молотковой дробилки (перед рукавным фильтром ФРКН-60). Коэффициент улавливания 95% (Q=6 тыс. м3/ч). - установлен центробежный фильтр ЦФ1-4-6	СЗАО «Молдавский металлургический завод» (Молдова, г. Рыбница)
5	<p>Аспирация бункера готовой продукции участка углесодержащих порошков (перед рукавным фильтром ФРКН-30). Коэффициент улавливания 95% (Q=2,5 тыс. м3/ч). - установлен центробежный фильтр ЦФ1-4-2,5</p>	СЗАО «Молдавский металлургический завод» (Молдова, г. Рыбница)
6	Технологические линии печати обоев - установлено 3 циклофильтра ЦКФ-4	Украина, г. Крюков
7	<p>Газоочистка барабанного сушила участка углесодержащих порошков (перед рукавным фильтром ФРКН-90) Коэффициент улавливания 97% (Q=10 тыс. м3/ч). - установлен центробежный фильтр ЦФ1-4-10</p>	СЗАО «Молдавский металлургический завод» (Молдова, г. Рыбница)
8	Газоочистки системы вакуумирования жидкой стали - установлен центробежный фильтр ЦФ1-4-10	СЗАО «Молдавский металлургический завод» (Молдова, г. Рыбница)
9	<p>Газоочистка барабанного сушила кокса. Коэффициент улавливания 97%. - установлен центробежный фильтр ЦФ2-6-10</p>	Запорожский титаномагниевого комбинат (Украина, г. Запорожье)
10	Газоочистка твердотопливного котла с кипящим слоем 4 МВт. - установлено 2 центробежных фильтра ЦФ2-2-15,5	Беларусь, г. Минск
11	Газоочистка дымовых газов твердотопливного котла, сжигающего фрезерный торф ЦФ2-6-20	Беларусь, г. Витебск

База расчетных моделей

Более 50 –ти расчетных моделей, процессов и аппаратов



атмосферное давление	97,9 кПа
расход газа при р.у.	378 м ³ /час
температура газа	60 °С
разряжение перед фильтром	-2087 Па
влажность газа	36,1 %

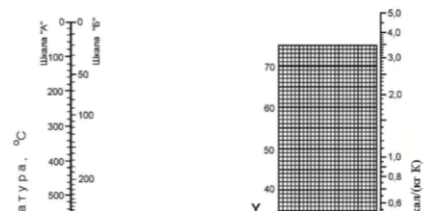
Химический состав									
Импортные концентрации									
Тепло 350									
ГАЗИ-4									
	г/моль	кг/м ³	ppm	%	объемная доля [р.у.]	С, мг/м ³	W/C	мг/м ³ (м.у.)	
CO	28	0	10	0,001	0,0001	9,6909905	0,00102	12,4718289	
CO2	44	0	2,31	0,0213	3,9484408	3,40959	43,7063978		
O2	32	0	17,35	0,1735	192140,821	20,17483	24729,5597		
N2	28	0	0	0	0	0	0		
H2	2	0	0	0	0	0	0		
CH4	16	0	0	0	0	0	0		
NO2	46	0	0	0	0	0	0		
SO2	64	300	0	0	0,00013448	300	0,0315	388,1488915	
H2S	34	0	0	0	0	0	0		
CS2	76	0	0	0	0	0	0		
HCl	36,5	90	0	0	3,95828E-05	90	0,00525	64,36148191	
HF	20	90	0	0	7,2287E-05	90	0,00525	64,36148191	
бензол	78	0	0	0	0	0	0		
метилбензол	92	0	0	0	0	0	0		
хлорбензол	112,5	0	0	0	0	0	0		
лн3	17	0	0	0	0	0	0		
бензол	94	0	0	0	0	0	0		
N2	28	0	0	80,4943	0,8049	77997,479	81,8997	1004033,873	
H2O	18	0	0	7,5	0,0751	48812,4794	4,91531	60258,41887	

Обозначение	Показатель	Исходные данные	значения	ед. измерения
V_0	Производительность		140	м ³ /ч
α_{N_2}	содержание азота		74,6	%
α_{CO_2}	содержание углекислого газа		4,37	%
α_{O_2}	содержание кислорода		12,73	%
α'_{H_2O}	содержание пара		8,29	%
P_{in}	абсолютное давление на входе в аппарат		101	кПа
T_{in}	температура газа на входе в аппарат		3000	°C
T_{in}'	температура воды, подаваемой на охлаждение		20	°C
ΔP	гидравлическое сопротивление аппарата		0,3	кПа
ρ''	Скорость газа на выходе из скруббера		4	м/с
	Движение теплоносителя		прямоток	

$\sum \alpha_i$	Сумма объемных долей		0,917	
α'_i	Объемное содержание компонентов в пересчете на сухие газы	$\alpha'_i = \alpha_i / \sum \alpha_i$		
α'_{N_2}	Объемное содержание азота в пересчете на сухие газы		0,813522	
α'_{CO_2}	Объемное содержание углекислого газа в пересчете на сухие газы		0,047655	
α'_{O_2}	Объемное содержание кислорода в пересчете на сухие газы		0,138822	
$\rho_{сух}$	плотность сухих газов при н.у.	$\rho_{сух} = \sum (\alpha_i \cdot \rho_{0i})$	1,309885	кг/м ³
d'	влажносодержание сухих газов на входе в скруббер	$d' = \frac{\alpha(H_2O) \cdot \rho_{H_2O}}{\sum \alpha_i \cdot \rho_{0i}}$	0,055489	кг/кг

	Справочные данные	
	плотность при н.у.	теплотворность (по номенклатуре)
NO2	1,2955 кг/м ³	8,29 ккал/(кг*°C)
CO2	1,9788 кг/м ³	0,29 кДж/(кг*°C)
O2	1,42895 кг/м ³	0,29 кДж/(кг*°C)
H2O	0,804 кг/м ³	4,187 кДж/(кг*°C)

Номенклатура 3.1 для определения удельной массовой теплоемкости газов и паров при атмосферном давлении



В	С	Д	Е	Г	Н	И	Ж
показатель	значение	единица измерения		показатель	Справочные данные	значение	источник
Расход продуктов горения	2000	МДж/ч		k	Коэффициент эффективности теплопередачи	0,65	
Температура дымовых газов	700	°C		ρ_0	Теплотворность воздуха	1,35	лист "Теплотворность"
Теплосодержание продуктов горения на входе реактора	827490	МДж/ч		$\rho_{ст}$	Теплотворность ст	3,54	лист "Теплотворность"
Расход воздуха, соответствующий расходу ПГ	2000	м ³ /ч		$\alpha_{ст}$	коэффициент теплопередачи от ст к стенкам труб	151	номограмма 14 (38 ккал/(м ² *°C))
Температура воздуха после нагрева в реактораторе	300	°C		$\alpha_{ст}$	коэффициент теплопередачи от труб к воздуху	356	номограмма 13 (85 ккал/(м ² *°C))
Начальная температура воздуха, подаваемого в реактор	900	°C					
Наружный диаметр труб	57	мм					
Толщина стенки труб	2	мм					
принятые значения							
средняя скорость ПГ	14	м/с					
средняя скорость для воздуха	15	м/с					
Расчет							
показатель	единица измерения	значение					
Теплосодержание воздуха							
$Q_{в} = V_{в} \cdot C_{в} \cdot T_{в} + 10^{-3}$	810	МДж					
Теплосодержание продуктов горения на входе реакторатора							
$Q_{гр} = Q_{в} - Q_{в}$	826640	МДж/ч					
Температура продуктов горения на выходе							
$T_{гр} = \frac{Q_{гр}}{C_{гр} \cdot V_{гр}}$	268390	°C					
Средняя температура ПГ							
$T_{гр} = \frac{T_{гр} + T_{в}}{2}$	134,54	°C					

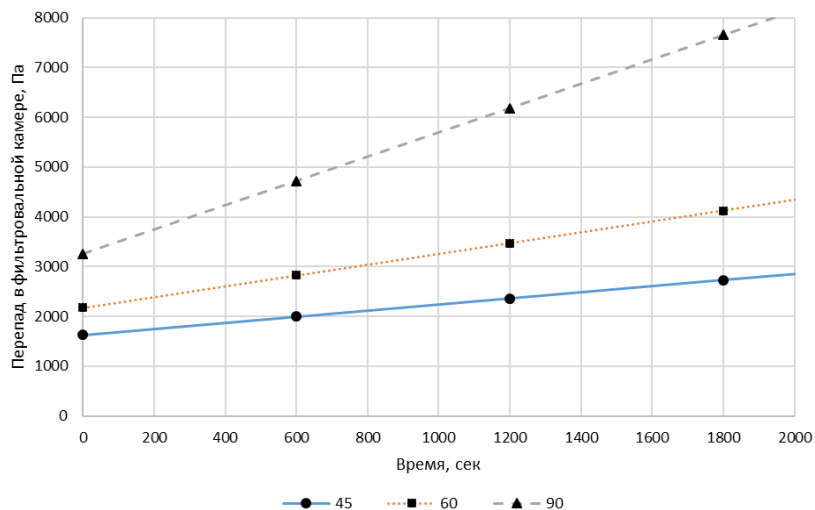
показатель	Справочные данные	единица измерения	значение	источник
Объем газов при н.у.		м ³	2000,00	
температура газа		градусов	248139,61	
абсолютное давление		Па	101300,00	
Объем газа при температуре	1964554,21	м ³		

показатель	Справочные данные	единица измерения	значение	источник
Объем воздуха при н.у.		м ³	2000,00	
температура воздуха		градусов	300,00	
абсолютное давление		Па	101300,00	
Объем воздуха при температуре	4189,87	м ³		

Определение фильтрационных констант при ППИ ФКИ



Тренд роста давления фильтровальной перегородки ФГВК



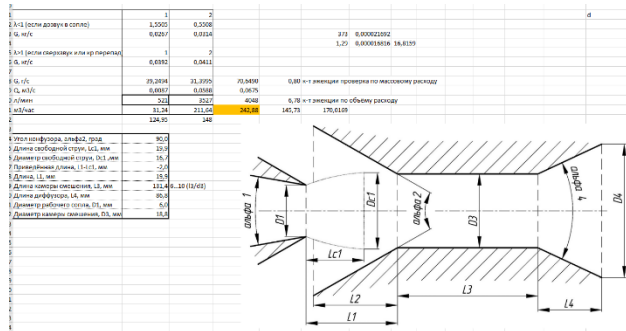
$$\Delta P = \mu q (A + BqZ_1\tau)$$

Диапазон констант фильтрации.

Константа	Диапазон измерения	Применимость
A	$[7...10]*10^9$	Новые фильтрующие элементы. Для фильтрации газопылевых потоков (температура газа +85 ...+95 °С) исследуемого техпроцесса.
	$[12...20]*10^9$	Фильтрующие элементы с остаточным пылевым слоем. Для фильтрации газопылевых потоков (температура газа +70..+95 °С) исследуемого техпроцесса.
B	$[20...50]*10^9$	Номинальный режим работы
	$[80...150]*10^9$, пик $340*10^9$	Режим влажности продукта менее 1%

$$A=20*10^9 \text{ 1/м}, B=50*10^9 \text{ м/кг.}$$

CFD Расчеты процессов и аппаратов



Параметр	Среда 1 (вт)	Среда 2 (пас)	Среда 3 (вык)	4	
Показатель адиабаты k	1,4	1,4	1,4	1,4	Диаметр входного патрубку, мм
Газовая постоянная R, Дж/кг*К	287	287	287	287	площадь сечения пат. Камеры, м
Температура T*, С	29	398	144,4	20	эжекторов на сечении, шт
Температура T**, К	293,0	573,0	417,4	293	расход кг воздуха, на эжекторы,
Давление, P*, Па	600000	100000	151294	145242	расход кг воздуха, на 1 эжектор,
Плотность газа, rho*, кг/м3	7,14	0,61	1,26	1,73	лямбда 2
Диаметр рабочего окна, мм	6	17,79	18,78	33,25	ку лямбда 2
Площадь рабочего окна, м2	0,0002827	0,00024864	0,00027891	0,00086795	ку лямбда 2 (57)
К-т эжекции, n, G2/G1		0,80			

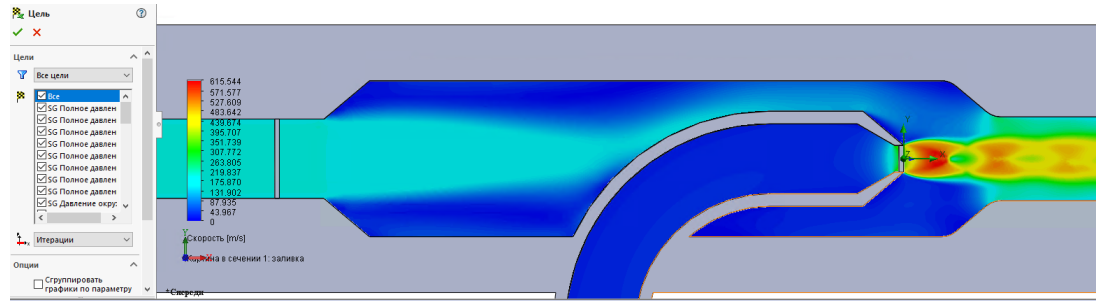
Режим истечения из 1', lambda = 1,8770

ГДФ критические (ниже нельзя)			
	1	2	3
Tкр/T*	0,8333	0,8333	0,8333
Pкр/P*	0,5283	0,5283	0,5283
rhoкр/rho*	0,6339	0,6339	0,6339
лямбда	1	1	1
max	1	1	1
Kр/Г, q	1	1	1

Критические параметры			
	1	2	3
Tкр, К	244,17	477,50	347,87
Pкр, Па	310969	52828	79926
rhoкр, кг/м3	4,52	0,39	0,66
wpкр/Вт, м/с	313,2	438,0	373,9
a*, м/с	343,1	479,8	409,5
лямбда max	2,4495	2,4495	2,4495
Wmax, м/с	767	1073	916

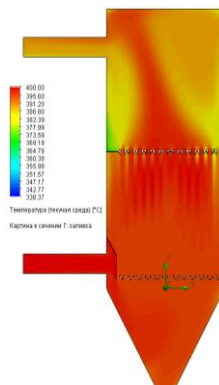
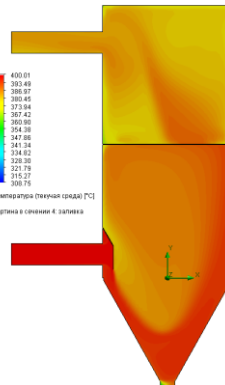
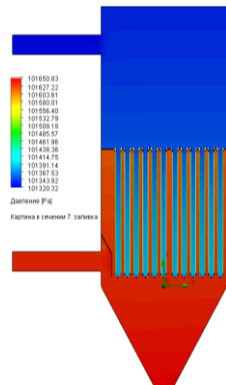
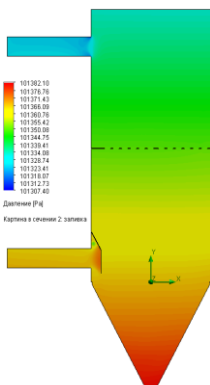
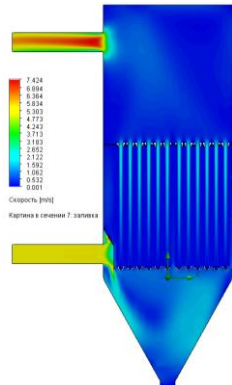
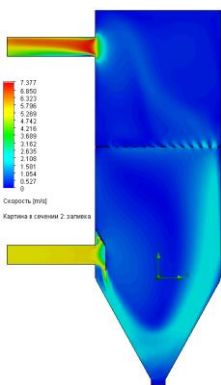
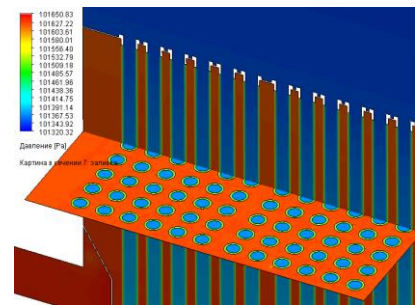
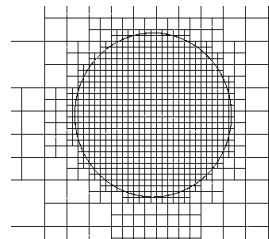
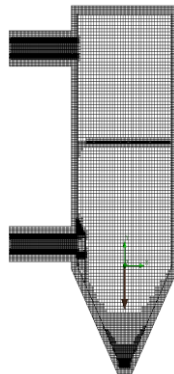
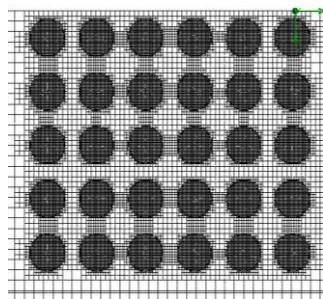
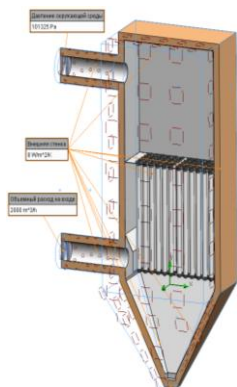
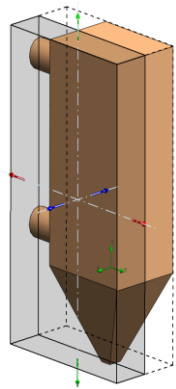
Расчет звукового эжектора p0=0,9, P0=1,5

	1	2
P0, P1*/P0*	6,00	152
Phi, T2*/T1*	1,96	
n V0	1,12	



Имя цели	Единица измерения	Значение	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Выполнение процесса [%]	Использовать в сходности	Дельта	Критерии
SG Объемный расход 32 КС	[м³/с]	139 1473	138 4817	137 2024	139 1513	100	Да	1 9489	4 4244
SG Средняя Скорость 33 КС	[м/с]	279 066	277 731	275 165	279 074	100	Да	3 909	8 074
SG Среднее Статическое давление 34 ЭЖ ВыХОД	[Па]	101084 00	101066 17	101048 92	101084 74	100	Да	15 72	58 23
SG Среднее Полное давление 35 ЭЖ ВыХОД	[Па]	101766 46	101754 84	101743 12	101766 46	100	Да	23 34	27 33
SG Среднее Температура (тепучая среда) 36 ЭЖ ВыХОД	[°C]	137 84	137 05	136 55	137 84	100	Да	1 29	3 23
SG Среднее Плотность (тепучая среда) 37 ЭЖ ВыХОД	[кг/м³]	0 86	0 86	0 86	0 86	100	Да	2 76e-03	9 76e-03
SG Массовый расход 38 ЭЖ ВыХОД	[кг/с]	0 0338	0 0338	0 0335	0 0339	100	Да	0 0004	0 0012
SG Объемный расход 39 ЭЖ ВыХОД	[м³/с]	142 0770	141 5137	140 5581	142 0770	100	Да	1 5188	4 0007
SG Среднее Скорость 40 ЭЖ ВыХОД	[м/с]	35 804	35 674	35 419	35 804	100	Да	0 384	1 155
K-т эжекции	[]	0 6942016	0 6873925	0 6799946	0 6942016	100	Да	0 0085836	0 0457469
статика вход	[Па]	11682 92	11397 05	11116 29	11682 92	100	Да	356 76	1090 64
K-т эжекции ВХ	[]	0 6917124	0 6849740	0 6775367	0 6917124	100	Да	0 0084539	0 0458066
Q пас	[м³/с]	179 2653	176 9363	174 4749	179 2653	100	Да	2 8899	8 2906
Q акткр	[м³/с]	31 8066	31 8083	31 7975	31 8148	100	Да	0 0024	0 9571

CFD Расчеты процессов и аппаратов. ФКИ



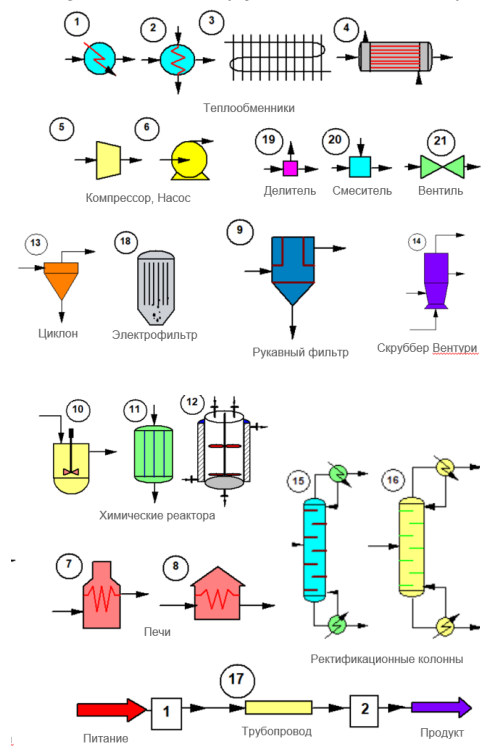
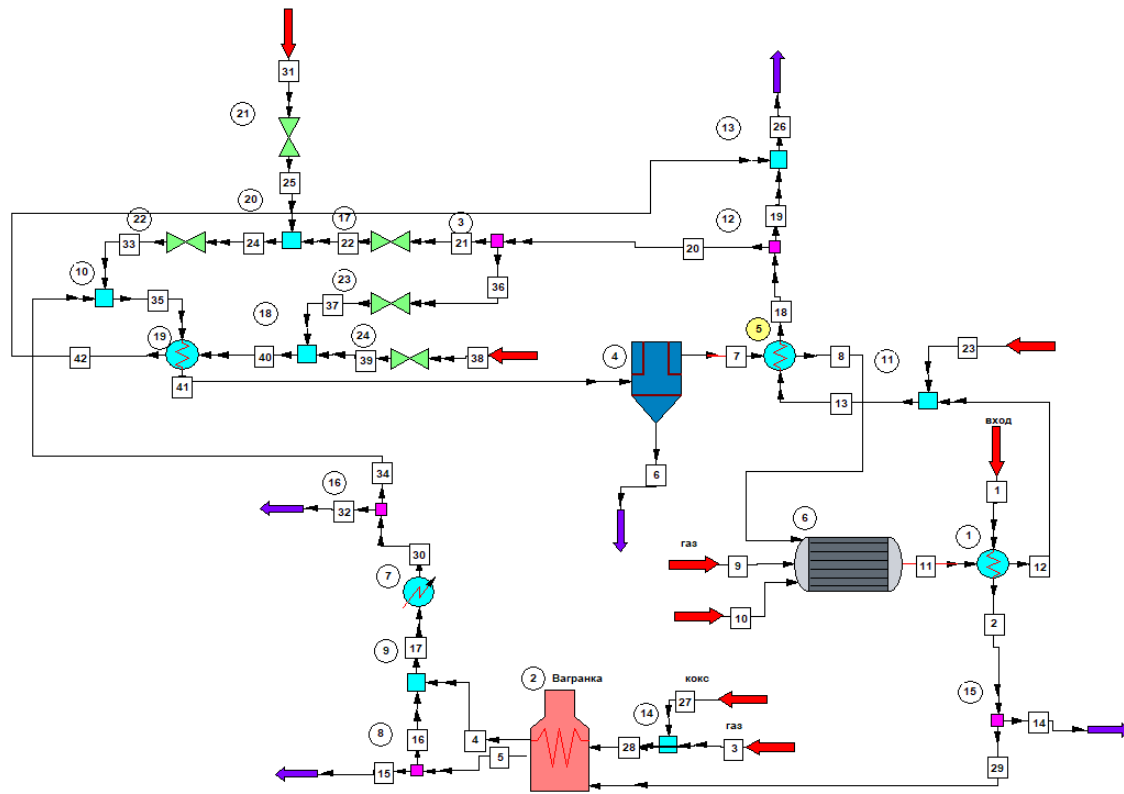
Модель	Температура потока на входе, °C	Перепад давления, Па	Скорость потока на входе, м/с	Плотность потока, кг/м³	Потери тепла, кВт	Потери температуры, °C
ФКИ-160 с КФЭ	30	250	5,46	1,17	0,3	0,4
ФКИ-160 без КФЭ	400	310	5,46	0,53	3,6	12,0
ФКИ-160 с КФЭ	30	90	5,44	1,27	0,5	0,2
ФКИ-160 без КФЭ	400	41	5,44	0,53	5,3	16,5

№ расчёта	Вариант установки ФКИ-160	Температура текущей среды, °C	Время, ч
1	С фильтрами	30	340
2	С фильтрами	400	340
3	Без фильтров	30	2
4	Без фильтров	400	2

Моделирование хим.тех. процессов.



БАКОР



Расчет экологических рисков.



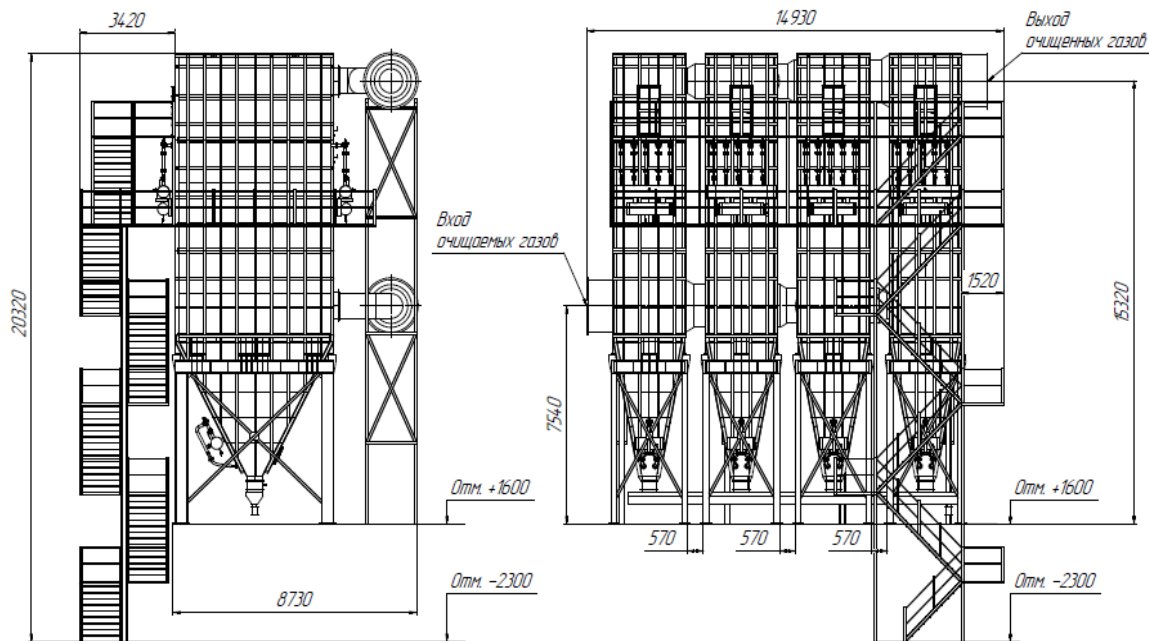
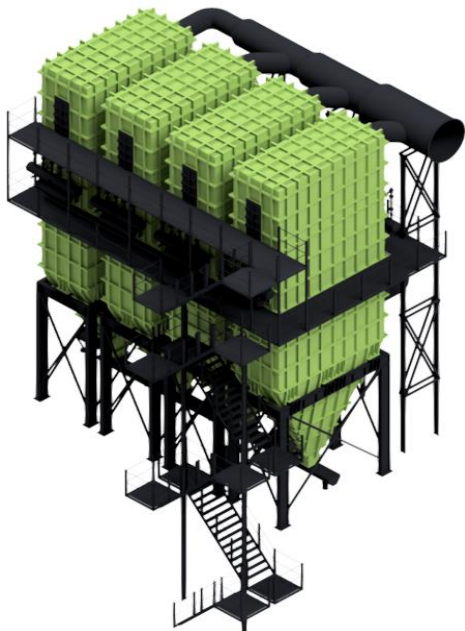
Расчет платы в соответствии с Постановлением правительства Российской Федерации от 03.03.2017 №255. Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду (с изменениями на 17 августа 2020 года).

Расчет вреда в соответствии с Приказом от 28 января 2021 года №59 Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного атмосферному воздуху как компоненту природной среды.



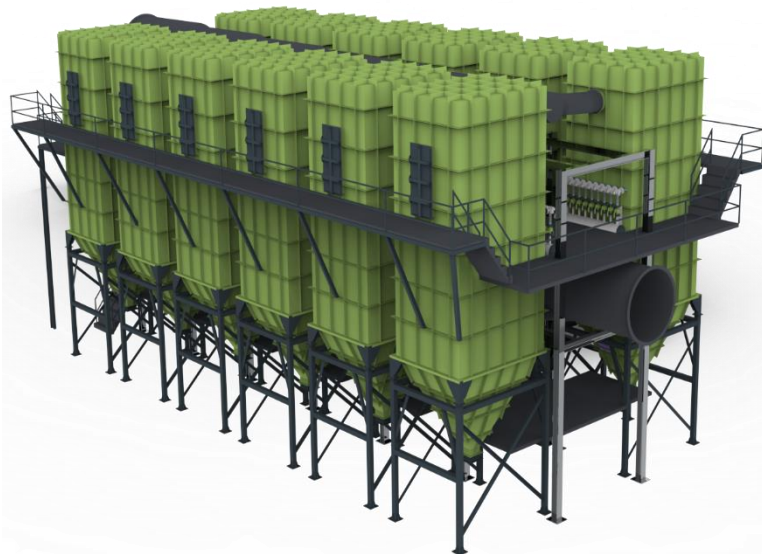
Примеры установок ФКИ

4 ФКИ-530



Примеры установок ФКИ

Для Надеждинского металлургического завода. Комплекс обеднительных электропечей. Перспективный проект.



№ п/п	Наименование параметра	Значение	Единица измерения
1	Расход очищаемых газов, не более	108 000	м³/час
2	Общая площадь фильтрации установки	1920	м²
3	Количество модулей в установке	12	шт.
4	Площадь фильтрации одного керамического фильтрующего элемента	1,32	м²
5	Геометрические размеры керамического фильтрующего элемента: наружный / внутренний диаметр, длина мм	150/110/3000	мм
6	Количество фильтрующих элементов в модуле	120	шт.
7	Общее количество фильтрующих элементов	1440	шт.
8	Температура газов на входе в фильтр, до	600	°С
9	Режим работы ФКИ	разрежение	
10	Расход воздуха на импульсную регенерацию	216	м³/ч
11	Импульсная регенерация	с отключением секции на время регенерации	
12	Массовая концентрация твердых частиц на входе, не более	50	г/м³
13	Массовая концентрация твердых частиц на выходе из фильтра, не более	5	мг/м³
14	Срок службы керамических фильтрующих элементов	3-5	лет
15	Габаритные размеры одного модуля ширина длина высота	2,7 3,9 10,85	м м м
16	Габаритные размеры фильтровальной установки, состоящей из 12 модулей (с площадками обслуживания и коллекторами) ширина длина высота	12,3 24,43 10,85	м м м
17	Масса одного модуля без теплоизоляции	9,4	т
18	Масса фильтровальной установки, состоящей из 10 модулей с теплоизоляцией, коллекторами и площадками обслуживания	185,1	т
19	Количество бункеров для сбора частиц	12	шт.
20	Объем одного бункера для сбора пыли	4,8	м³
21	Размер входного / выходного патрубка одной секции	Ду 500	
22	Диаметр фланца раздающего / собирающего коллектора	1,8	м
23	Материал корпуса	Сталь 09Г2С	
24	Высота от уровня земли до нижнего фланца выгрузки пыли	1,5	м

Примеры установок ФКИ

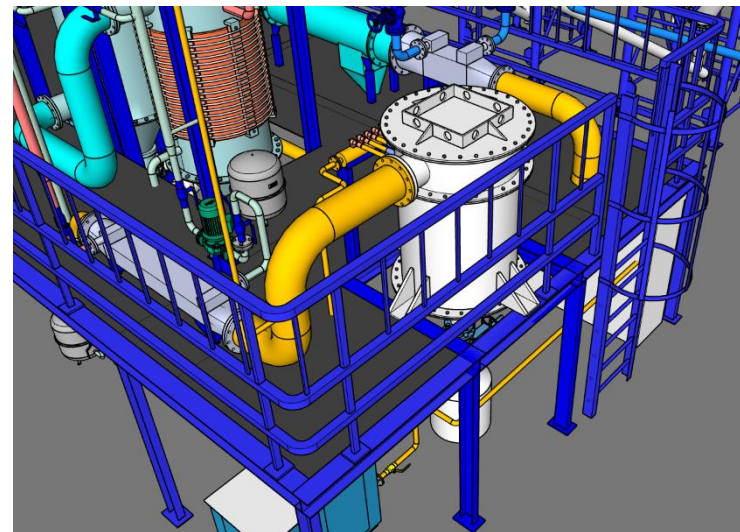
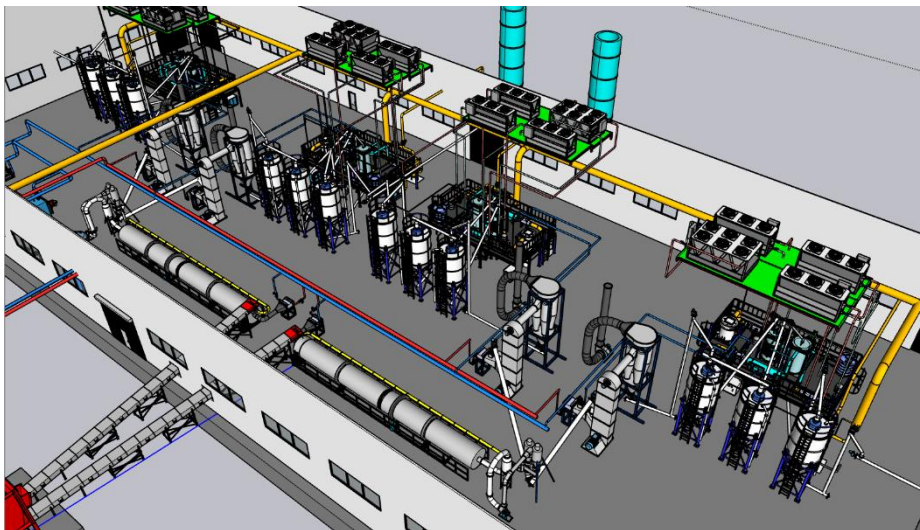
4 ФКИ-885



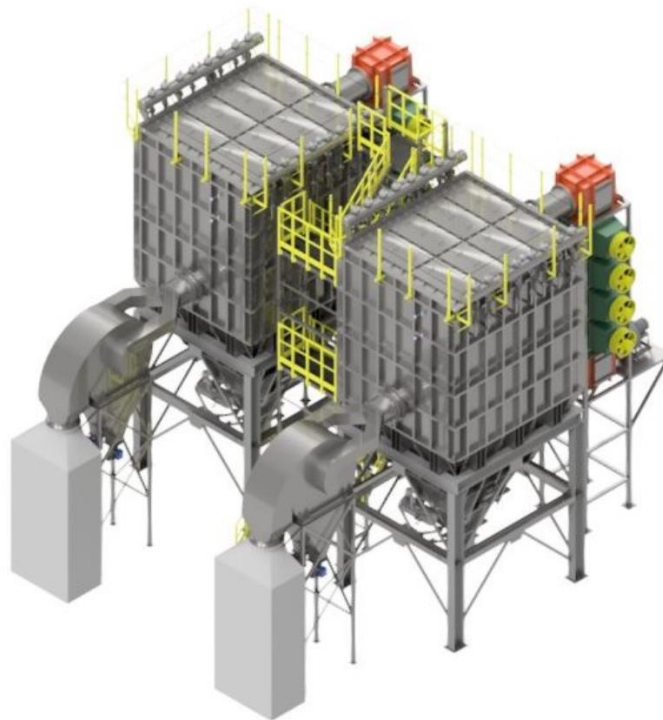
№ п/п	Наименование параметра	Значение	Единица измерения
1	Расход очищаемых газов, не более	171 759	м ³ /час
2	Общая площадь фильтрации установки (без учёта секции, ушедшей на регенерацию)	2862	м ²
3	Количество модулей в фильтровальной установке	4	шт.
4	Площадь фильтрации одного керамического фильтрующего элемента	2,35	м ²
5	Геометрические размеры керамического фильтрующего элемента: наружный / внутренний диаметр, длина мм	150/110/5000	мм
6	Количество фильтрующих элементов в модуле	400	шт.
7	Общее количество фильтрующих элементов	1600	шт.
8	Температура газов на входе в фильтр, до	600	°С
9	Режим работы ФКИ	разрежение	
10	Расход воздуха на импульсную регенерацию	860	м ³ /ч
11	Импульсная регенерация	с отключением секции на время регенерации	
12	Массовая концентрация твердых частиц на входе, не более	50	г/м ³
13	Массовая концентрация твердых частиц на выходе из фильтра, не более	5	мг/м ³
14	Срок службы керамических фильтрующих элементов	3-5	лет
15	Габаритные размеры одного модуля (без опорных конструкций)	ширина длина высота	6,9 м 5,0 м 14,2 м
16	Габаритные размеры фильтровальной установки, состоящей из 4-х модулей (с площадками обслуживания и коллекторами)	ширина длина высота	11,4 м 26,7 м 16,0 м
17	Масса одного модуля без теплоизоляции	30,5	т
18	Масса одного модуля с теплоизоляцией	38,5	т
19	Масса фильтровальной установки, состоящей из 4-х модулей с теплоизоляцией, коллекторами и площадками обслуживания	240	т
20	Масса фильтровальной установки, состоящей из 4-х модулей без теплоизоляции, коллекторами и площадками обслуживания	272	т
21	Количество бункеров для сбора частиц	4	шт.
22	Объём одного бункера для сбора пыли	35	м ³
23	Размер входного / выходного патрубка одной секции	Ду 1100	
24	Диаметр раздающего / собирающего коллектора на входе	2,2	м
25	Материал корпуса	09Г2С	
26	Высота от уровня земли до нижнего фланца выгрузки пыли	1,5	м

Примеры проработок применения керамических фильтров в различных отраслях промышленности

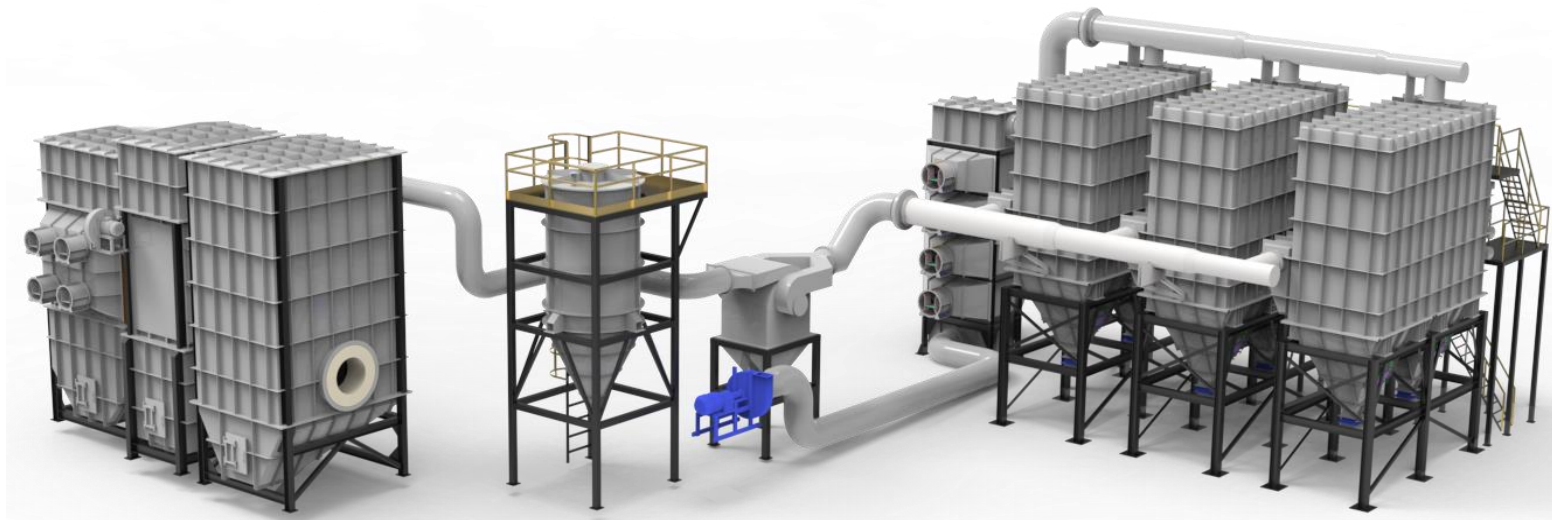
ФКИ для очистки пиролизного газа



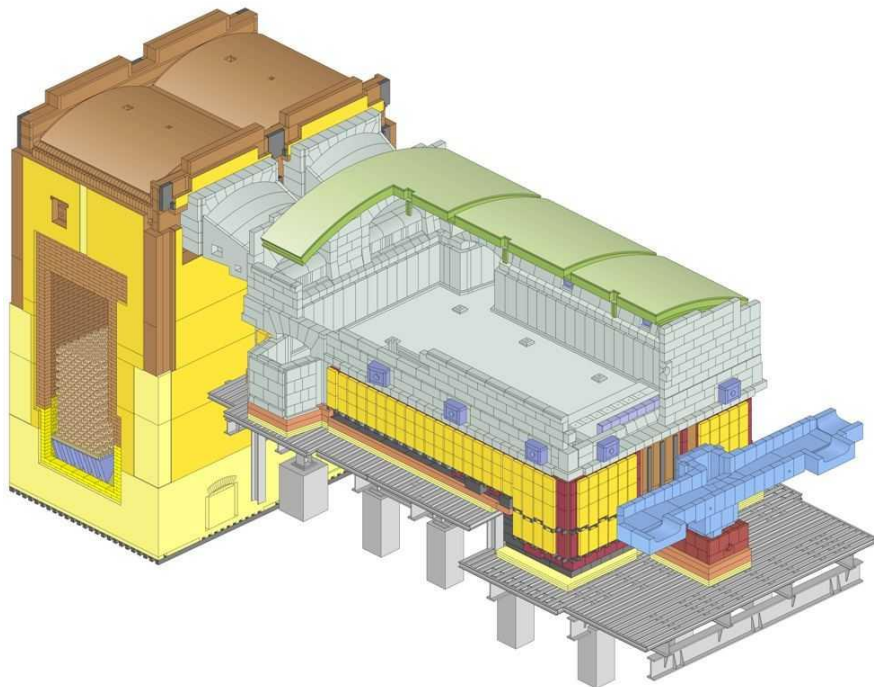
ФКИ для очистки вельцпечи обжига вторичного цинка



Система отвода, охлаждения и очистки газов для печи плавки вторичного алюминия с ФКИ

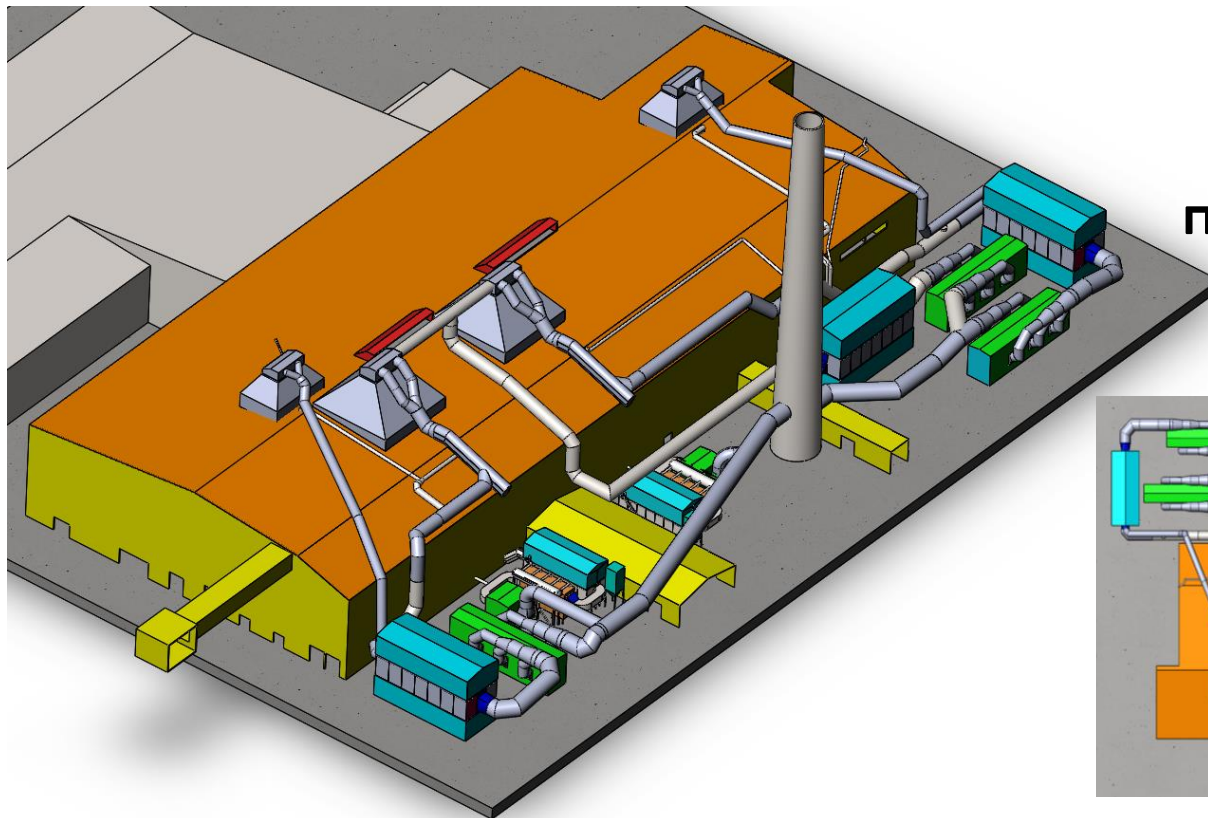


Стекловаренные печи

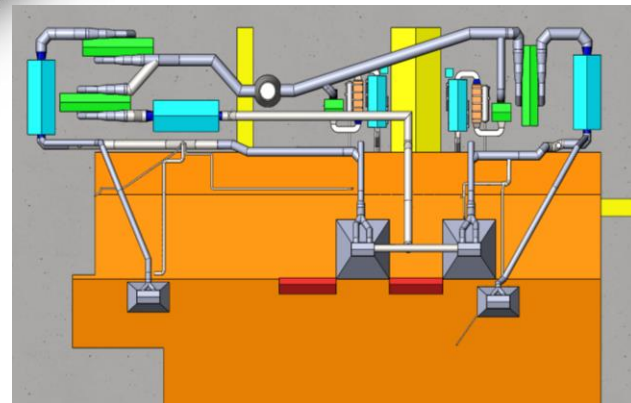


Очистка газов от пыли и NO_x ,
 SO_2 в ФКИ

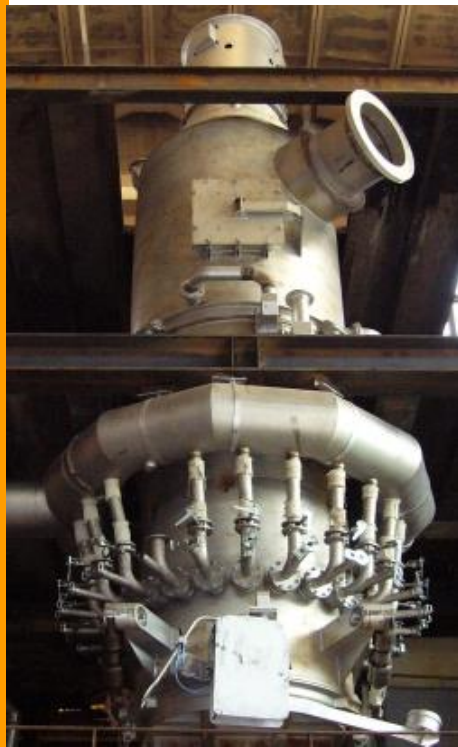
Дуговые сталеплавильные печи (ДСП)



**Очистка газов от
пыли, SO₂, CO, ПХДД
в ФКИ**



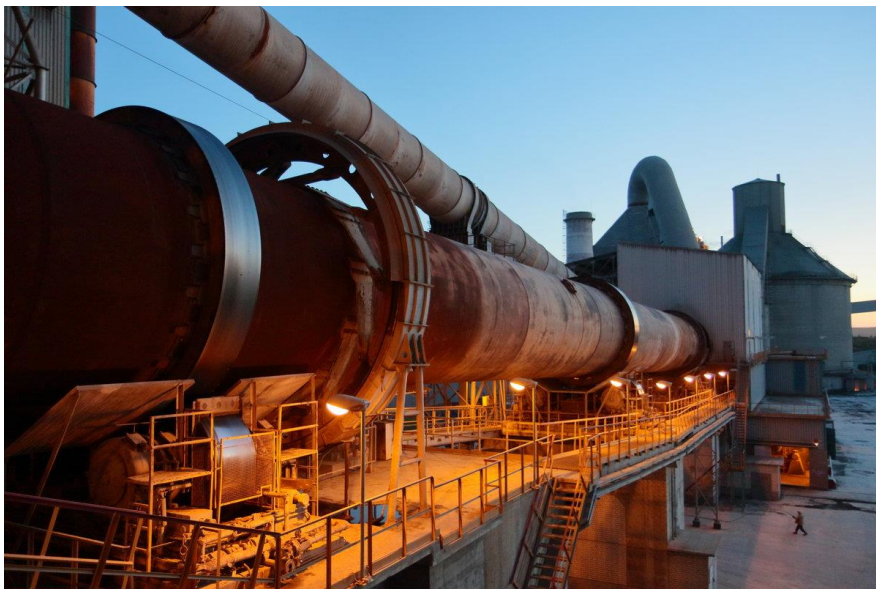
Вагранки: металлургические и каменоватные



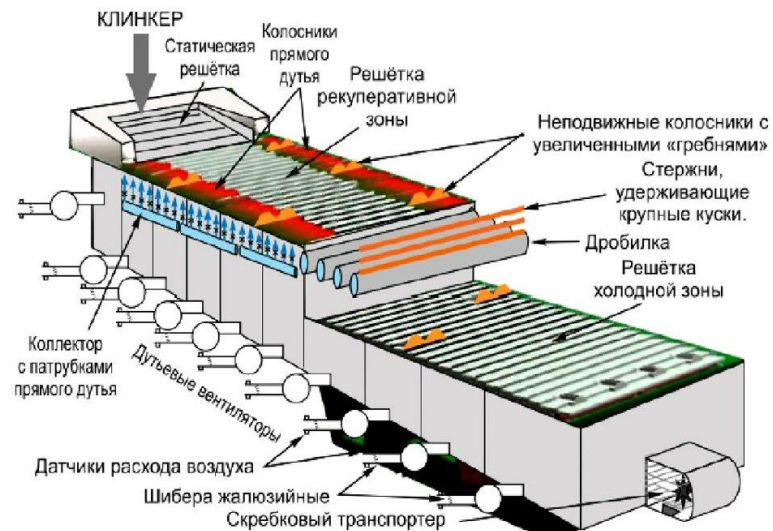
**Очистка газов от
пыли, SO₂, CO, HCl и
др.**

Цементная промышленность

Очистка газов от пыли, NO_x , SO_2



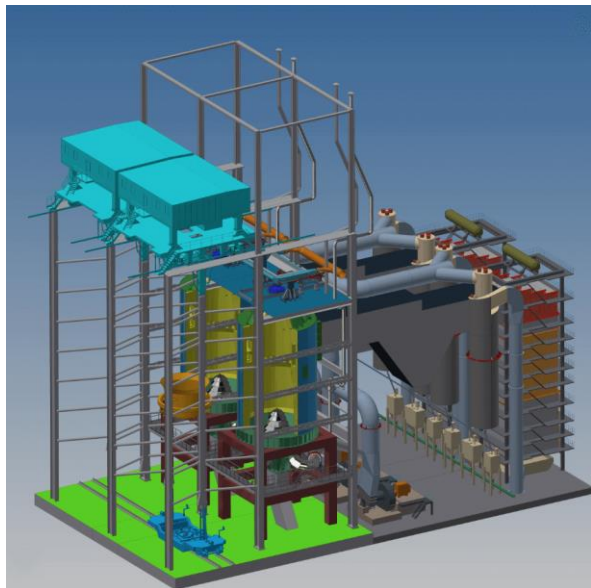
Обжиговая печь клинкера



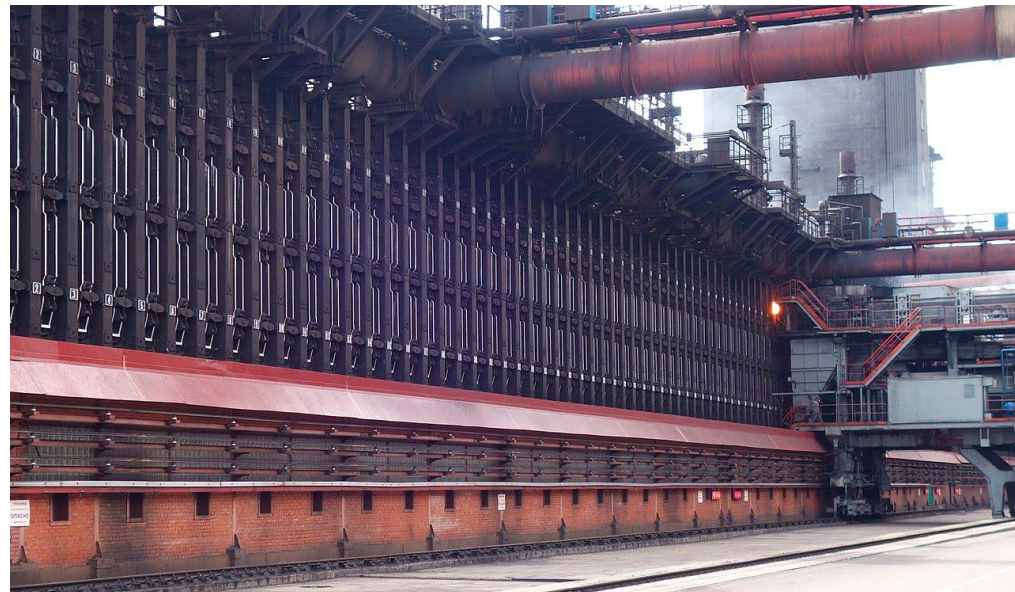
Холодильник клинкера

Коксохимическая промышленность

Очистка газов от пыли, CO Nox, SO2 и др.



УСТК



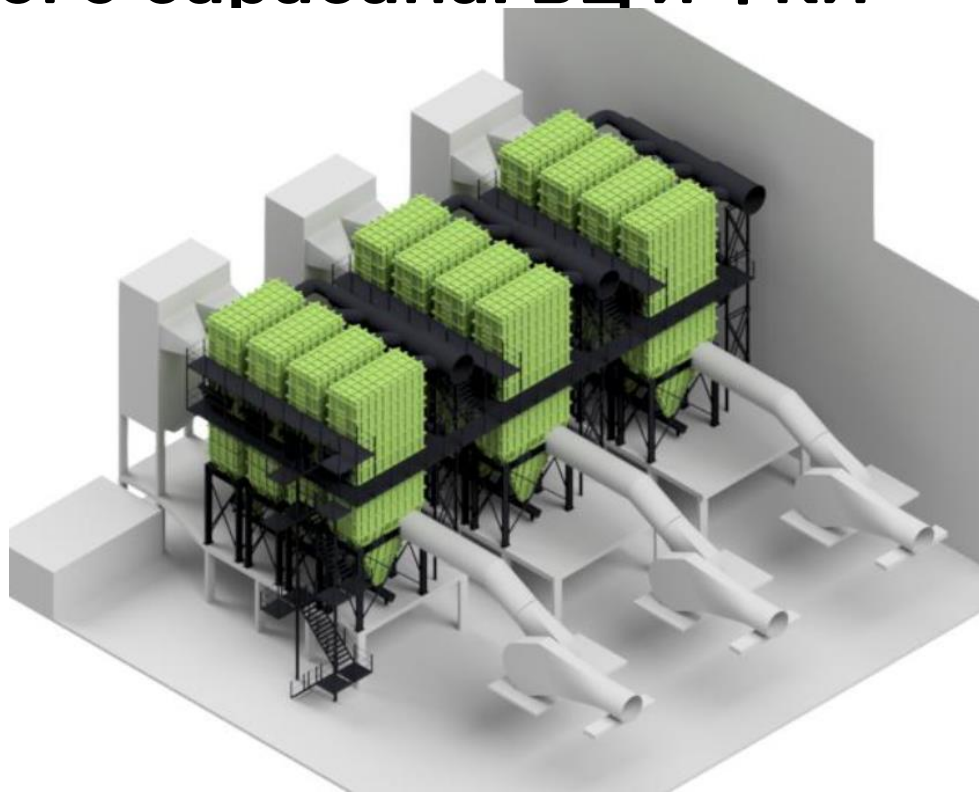
Коксохимическая батарея

Ферросплавные печи

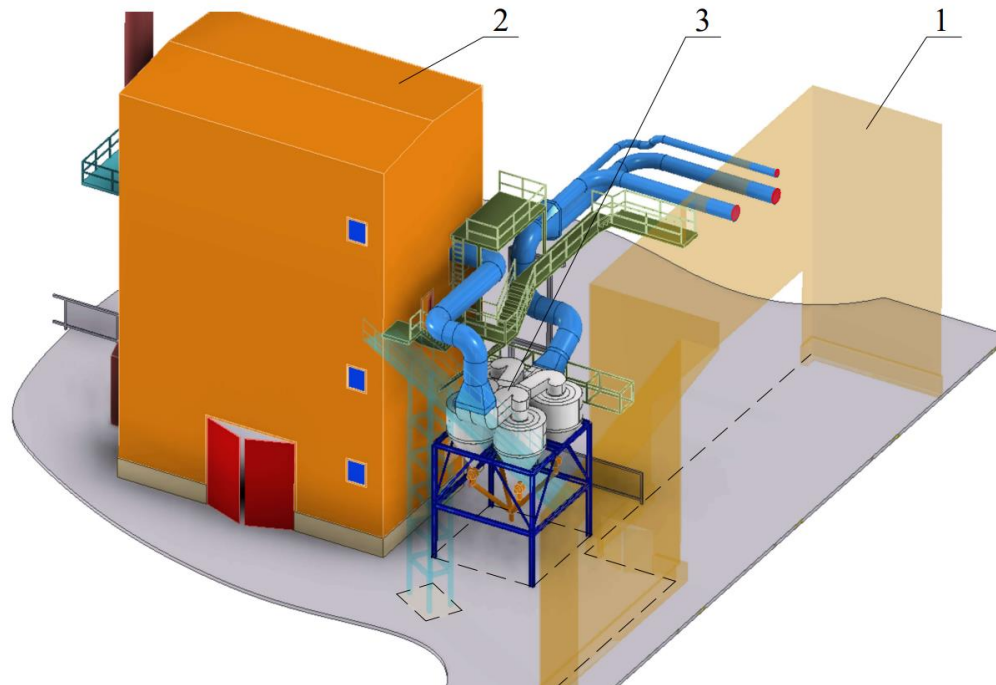
Очистка газов от пыли, CO Nox, SO2 и др.



Система очистки газов от сушильного барабана. БЦ и ФКИ



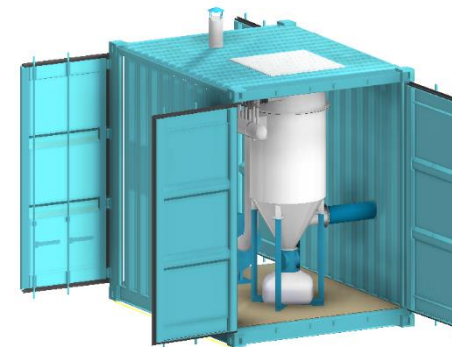
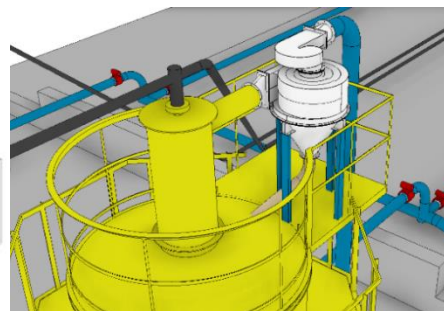
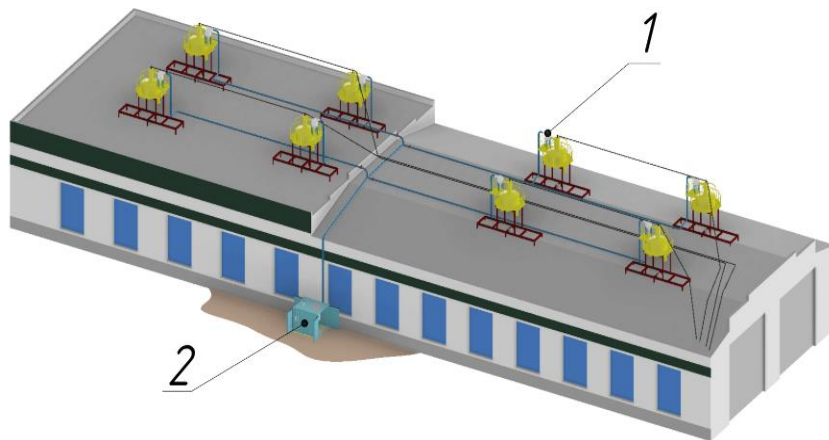
Двухступенчатая аспирационная установка состоящая из ЦФ и ФКИ



Система пневмотранспорта песка



Очистка газов от
пыли, ЦФ и ФКИ



Пилотные установки НТЦ Бакор

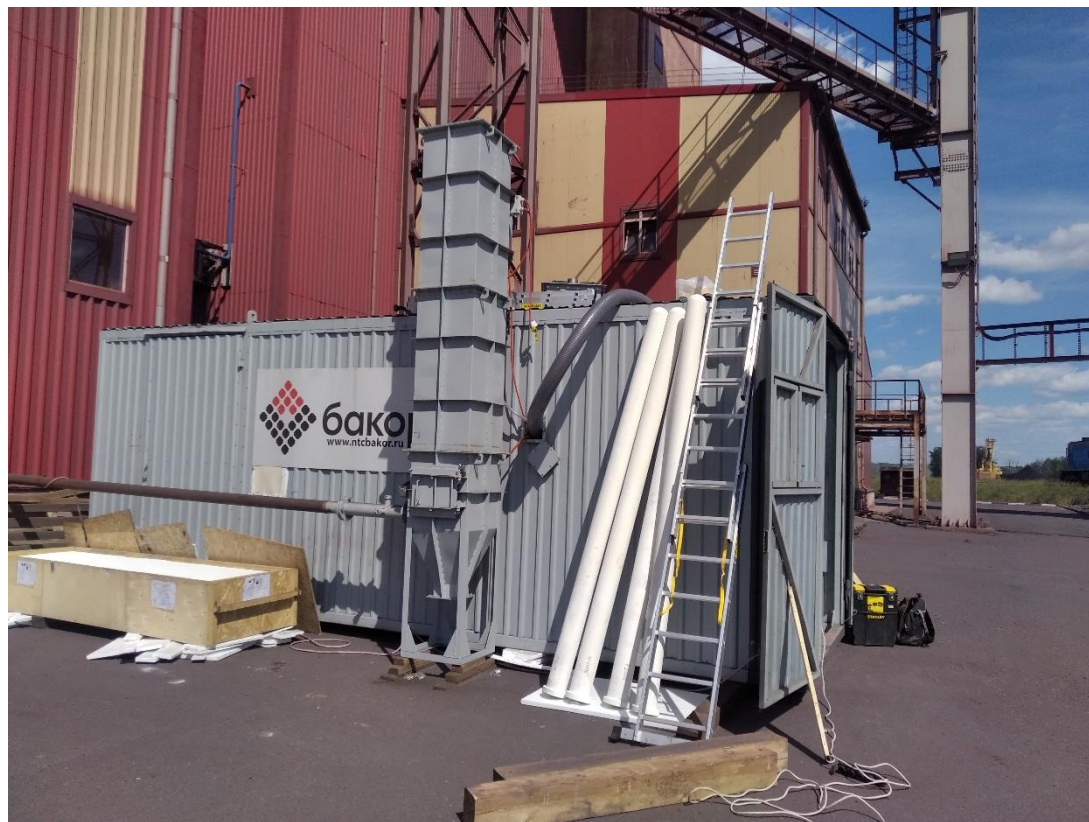
ФКИ 0,02



ЦФ2-6-1



ФКИ 9,8 + ФКИ 5,3



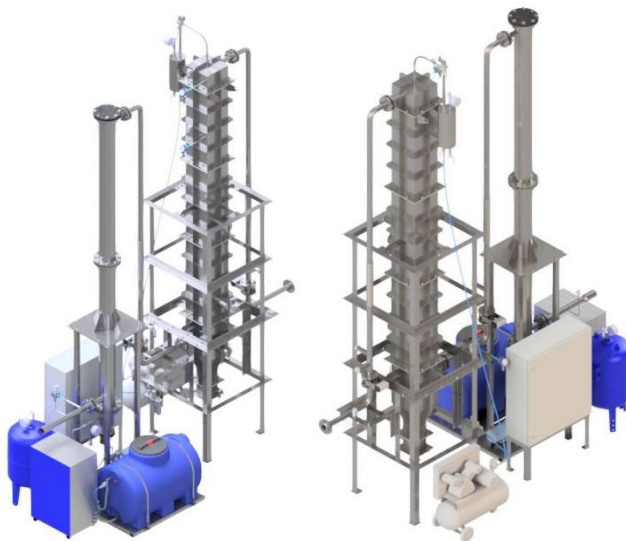
УТО 100 К с ФКИ 9,8



ФКИ 1,32 с испарительным охладителем



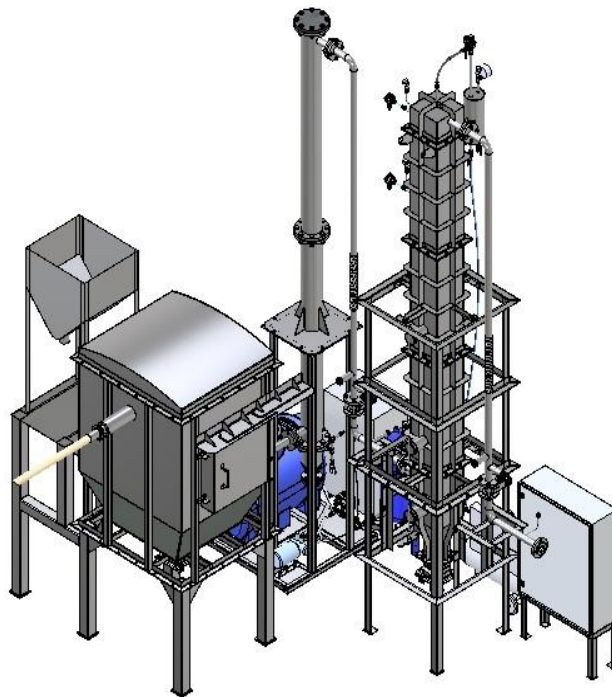
№	Содержание этапа	Начало выполнения работ	Дата предоставления продукции на экспертизу
1	2	3	4
1	Разработка программы проведения ОПИ пилотной установки	01.12.2022	26.12.2022
2	Проведение ОПИ пилотной установки	01.02.2023	01.04.2023
3	Технико-экономическое обоснование (далее – ТЭО) примененя пилотной установки	01.04.2023	01.05.2023
4.	Разработка технического задания на проектирование модернизированной системы УОГ	01.06.2023	01.07.2023



№ п/п	Наименование параметра	Значение	Единица измерения
1	Расход очищаемых газов, не более	89	фм ³ /час
2	Общая площадь фильтрации	1,32	м ²
3	Количество модулей в установке	1	шт.
4	Площадь фильтрации одного керамического фильтрующего элемента	1,41	м ²
5	Геометрические размеры керамического фильтрующего элемента: наружный / внутренний диаметр, длина мм	150/110/3000	мм
6	Количество фильтрующих элементов в модуле	1	шт.
7	Общее количество фильтрующих элементов	1	шт.
8	Температура газов на входе в фильтр, до	600	°C
9	Режим работы ФКИ	разрежение	
10	Расход воздуха на импульсную регенерацию	30	л/мин
11	Импульсная регенерация	С отключением секции на время регенерации	
12	Массовая концентрация твердых частиц на входе, не более	50	г/м ³
13	Массовая концентрация твердых частиц на выходе из фильтра, не более	5	мг/м ³
14	Срок службы керамических фильтрующих элементов	3-5	лет
15	Габаритные размеры одного модуля		
	ширина	1425	мм
	длина	1040	мм
	высота	5240	мм
19	Масса фильтровальной установки, состоящей из 1 модуля с теплозащитой	420	кг
21	Количество бункеров для сбора частиц	1	шт.
22	Объем одного бункера для сбора пыли	30	л
23	Размер входного / выходного патрубка одной секции	Ду 50	
25	Материал корпуса	AISI 304	
26	Высота от уровня земли до нижнего фланца выгрузки пыли	0,5	м

ФКИ 1,32 с камерой дожигания и испарительным охладителем

№	Наименование этапа работ	Начало выполнения работ	Дата предоставления продукции на экспертизу
1	2	3	4
1	Разработка программы проведения ОПИ пилотной установки	01.12.2022	26.12.2022
2	Проведение ОПИ пилотной установки. Отчет по результатам испытаний.	01.02.2023	01.04.2023
3	Разработка полномасштабной системы и аппаратов очистки газов анодных печей огневого рафинирования черновой меди.		
4	Технико-экономическое обоснование (далее – ТЭО) разработанной системы очистки газов анодных печей огневого рафинирования	01.04.2023	01.05.2023



№ п/п	Наименование параметра	Значение	Единица измерения
1	Расход очищаемых газов, не более	89	м³/час
2	Общая площадь фильтрации	1,32	м²
3	Количество модулей в установке	1	шт.
4	Площадь фильтрации одного керамического фильтрующего элемента	1,32	м²
5	Геометрические размеры керамического фильтрующего элемента: наружный / внутренний диаметр, длина мм	150/110/3000	мм
6	Количество фильтрующих элементов в модуле	1	шт.
7	Общее количество фильтрующих элементов	1	шт.
8	Температура газов на входе в фильтр, до	600	°C
9	Режим работы ФКИ	разрежение	
10	Расход воздуха на импульсную регенерацию	30	л/мин
11	Импульсная регенерация	С отключением секции на время регенерации	
12	Массовая концентрация твердых частиц на входе, не более	50	г/м³
13	Массовая концентрация твердых частиц на выходе из фильтра, не более	5	мг/м³
14	Срок службы керамических фильтрующих элементов	3-5	лет
15	Габаритные размеры одного модуля		
	ширина	1,43	м
	длина	1,1	м
	высота	5,24	м
19	Масса фильтровальной установки, состоящей из 1 модуля с теплоизоляцией	0,5	т
21	Количество бункеров для сбора частиц	1	шт.
22	Объем одного бункера для сбора пыли	30	л
23	Размер входного / выходного патрубка одной секции	Ду 50	
25	Материал корпуса	AISI 304	
26	Высота от уровня земли до нижнего фланца выгрузки пыли	0,5	м

Контакты



Руководитель лаборатории газоочистки

Серебрянский Дмитрий Александрович

science@ntcbakor.ru

+7 926 081 26 24

+7 495 212 10 68 ext.140

Руководитель Дивизиона «Экология»

Драбчук Егор Александрович

e.drabchuk@ntcbakor.ru

+7 915 377 70 44

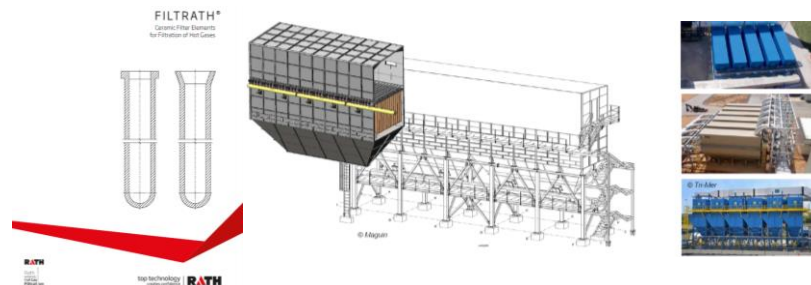
+7 495 212 10 68

Мировой опыт применения высокотемпературной газоочистки в керамических фильтрах

FILTRATH



Год	Отрасль промышленности, страна	Тип керамического фильтра	Состав волокна фильтра	Длина фильтра, кол-во секций фильтра	Количество фильтров
2021	Стекольная, Китай	с катализатором	ASW	3000 mm (1)	330
2021	Металлургия, Австрия	с катализатором	AES	3000 mm (1)	910
2021	Стекольная, Германия	с катализатором	ASW	4000 mm (2)	729
2021	Стекольная, Румыния	с катализатором	ASW	3000 mm (1)	216
2021	Химическая, Италия	с катализатором	AES	2200 mm (1)	255
2020	Стекольная, Германия	с катализатором	ASW	4000 mm (1)	474
2020	Цементная, Италия	с катализатором	AES	4000 mm (1)	516
2020	Стекольная, Италия	с катализатором	ASW	3000 mm (1)	870
2019	Стекольная, Чехия	с катализатором	ASW	4000 mm (1)	300
2019	Стекольная, Италия	с катализатором	AES	2400 mm (1)	220
2019	Цементная, Германия	с катализатором	ASW	4000 mm (1)	350
2019	Стекольная, Австрия	с катализатором	ASW	4000 mm (2)	600
2019	Мусоросжигание	без катализатора	ASW	2200 mm (1)	350
2019	Цементная, Финляндия	без катализатора	ASW	6000 mm (2)	500
2019	Цементная, Германия	без катализатора	ASW	6000 mm (2)	1500
2018	Стекольная, Италия	без катализатора	ASW	4000 mm (1)	1600
2018	Стекольная, Чехия	без катализатора	ASW	3600 mm (1)	1200
2017	Цементная, Германия	без катализатора	ASW	4000 mm (1)(2)	450
2017	Мусоросжигание	без катализатора	ASW	2200 mm (1)	350
2016	Химическая, Германия	без катализатора	ASW	1600 mm (1)	3500
2016	Химическая, Китай	без катализатора	ASW	1950 mm (1)	12000
2016	Химическая, Германия	без катализатора	ASW	2200 mm (1)	550

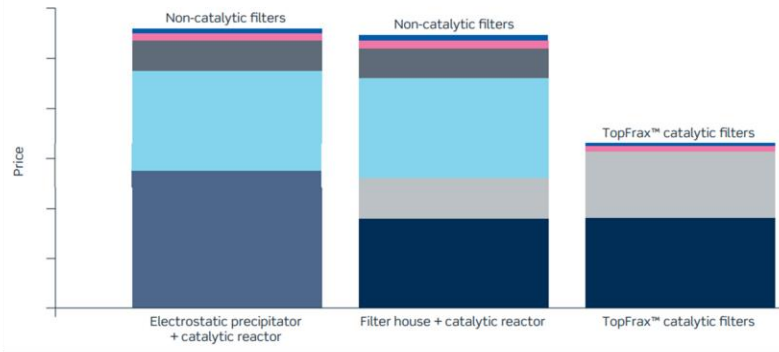
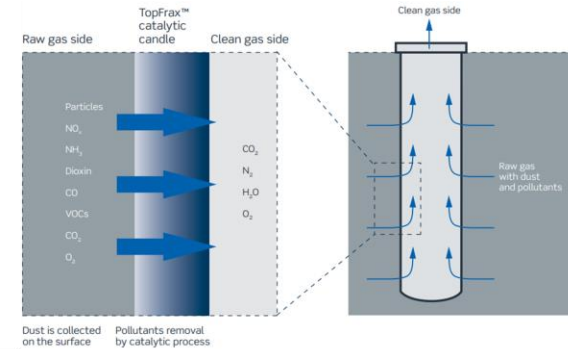


Год	Страна	Отрасль промышленности	Тип фильтра	Пользователь
2014	Япония	термообезвреживание осадка	без катализатора	Sanki
2015	Япония	термообезвреживание осадка	без катализатора	Nihon Spindle
2015	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	TSYP
2015	Япония	термообезвреживание осадка	без катализатора	TSK
2015	Япония	термообезвреживание осадка	без катализатора	Hosokawa
2015	Япония	сушка чайного листа	без катализатора	ACO
2015	Япония	термообезвреживание осадка	без катализатора	Motoi
2016	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	CSYP
2016	Китай	угольные котлы	с катализатором	Xi An Thermal Power
2016	Китай	Цветные металлы	с катализатором	China Enfi
2016	Тайвань	термообезвреживание осадка	с катализатором	Lu-E Tech
2016	Япония	мусоросжигание	с катализатором	E-can
2016	Европа	стеклоплавильная печь	с катализатором	Durr
2016	Европа	цемент	с катализатором	FLSmith
2017	Тайвань	термообезвреживание жидких отходов	с катализатором	Revivegen
2017	Тайвань	термообезвреживание токсичных отходов	с катализатором	Super Max
2017	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	CSYP
2017	Тайвань	Биомассовые котлы	с катализатором	Feng Tien
2017	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	FLAT Glass Group
2017	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	FLAT Glass Group
2017	Япония	мусоросжигание	с катализатором	Nihon Fiber
2017	Китай	коксование	с катализатором	An Hui Lin Huan
2017	Тайвань	термообезвреживание боевых отходов	с катализатором	Taiwan Supercritical
2017	Япония	мусоросжигание	с катализатором	Shigeoyoshi

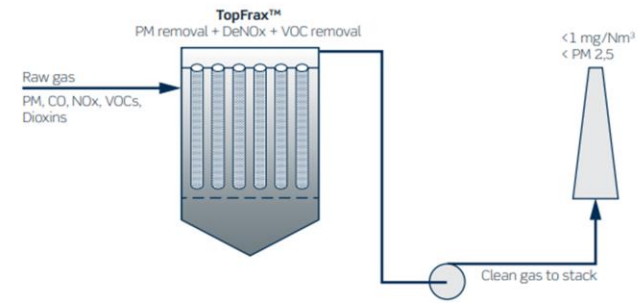
2018	Тайвань	термообезвреживание осадка	с катализатором	HUI-MIN
2018	Япония	термообезвреживание осадка	с катализатором	KUBOTA
2018	Китай	электростанция на биомассе	с катализатором	Shandong ChiQuin Ener. Group
2018	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	Fuyao-Benxi
2018	Япония	термообезвреживание осадка	с катализатором	KUBOTA
2018	Тайвань	Биомассовые котлы	с катализатором	Huah Jem
2019	Китай	коксование	с катализатором	An Hui Lin Huan
2019	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	Su Zhou AGC
2019	Китай	стеклоплавильная печь	без катализатора	He Nain Huaxin
2019	Тайвань	термообезвреживание осадка	без катализатора	CPDC
2019	Китай	электростанция на биомассе	с катализатором	Shandong ChiQuin Ener. Group
2019	Китай	термообезвреживание токсичных отходов	с катализатором	Shianguan
2019	Корея	сталелитейный завод	с катализатором	Pohan
2019	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	(пероглифы) (AGC)
2019	Китай	коксование	с катализатором	Laiwu
2019	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	Zhejiang
2019	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	Anhui FLAT
2019	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	Nanjing Arrow
2019	Китай	стеклоплавильная печь	с катализатором	CSG Qingyuan
2019	Китай	коксование	с катализатором	Benxi Steel
2019	Китай	электростанция на биомассе	с катализатором	Henan Shangdu
2019	Япония	термообезвреживание осадка	без катализатора	Sanki
2019	Япония	термообезвреживание осадка	без катализатора	Nikko Techno
2019	Малайзия	стеклоплавильная печь	с катализатором	Jingjin Glass
2020	Тайвань	Биомассовые котлы	с катализатором	Heng Shen Tech
2020	Китай	Плазменный дымовой газ	с катализатором	Pulin Tec
2020	Китай	стекловолокно	с катализатором	Zhiyuan Enviro.



Haldor Topsoe

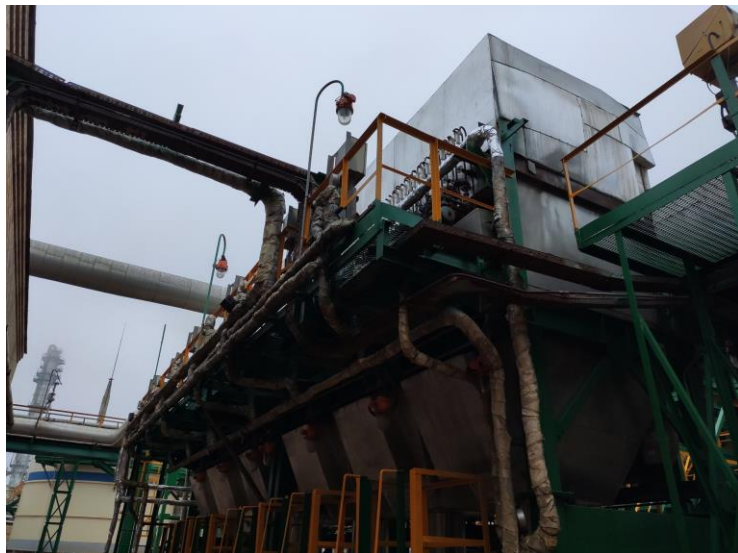


TopFrax™ catalytic filters



Glosfume

Ярославский НПЗ.



Tri-Mer corp.



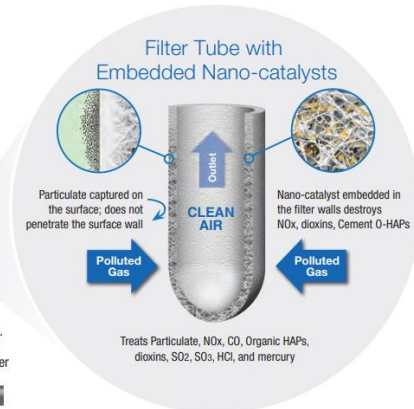
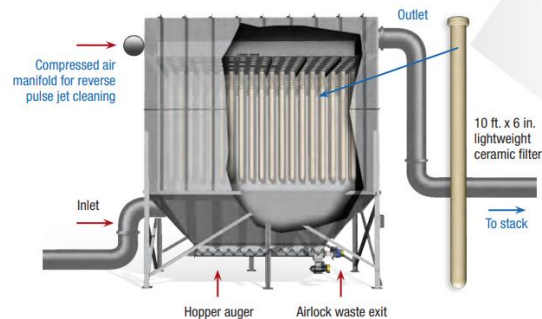
Efficiency of fibrous ceramic filter elements in various applications

Process	Particle size	Inlet PM loading		Outlet PM loading		Inferred efficiency
		mg/Nm ³	gr/dscf	mg/Nm ³	gr/dscf	
Aluminum powder production	<50	550	0.24	<1	<0.0004	99.9
Nickel refining	<10	11,800	5.16	<1	<0.0004	>99.9
Smokeless fuel production	4.8	1,000	0.44	1.5	0.0007	99.9
Zirconia production	1.2	8,000	3.5	0.8	0.0003	99.85
Secondary aluminum	<1	870	0.38	0.5	0.0002	>99.9

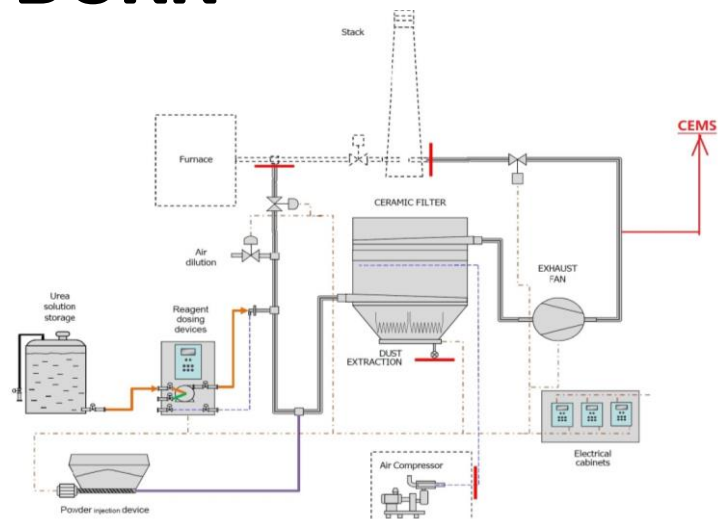
¹Diameter of median size particle

System Architecture

Ceramic filter tube wall is 3/4" thick with catalyst embedded throughout the wall. Filters are self-supporting without filter cages, and have a service life of 5 to 10 years.



Catalyst is inside the filter walls, protected from PM blinding and poisoning.

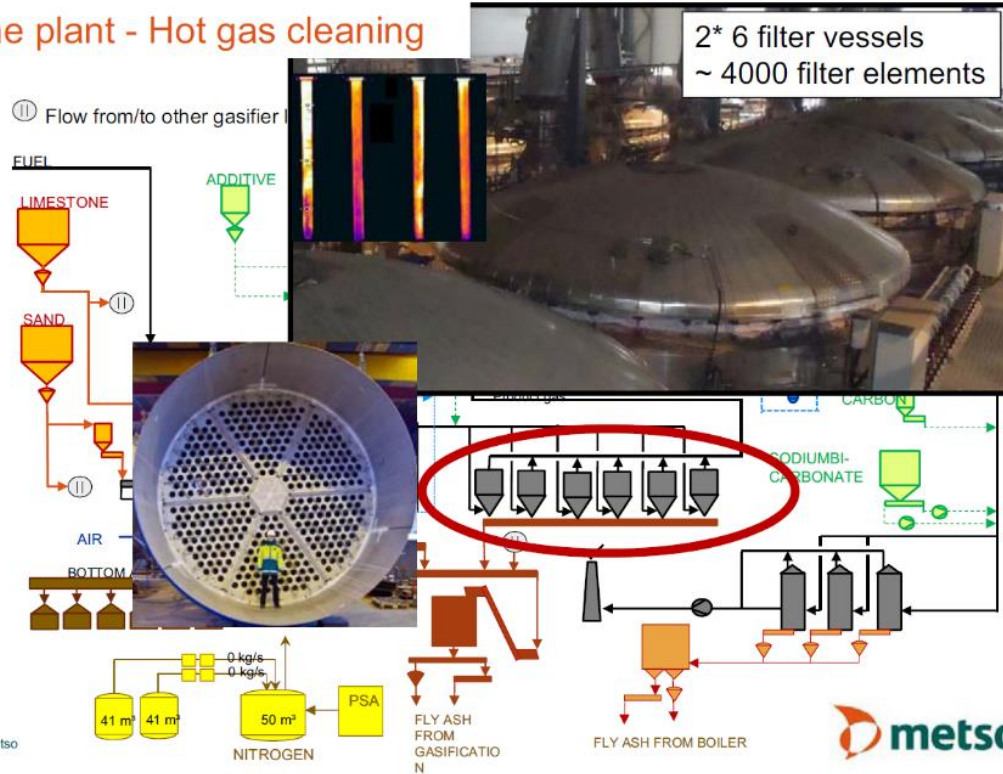


Стекловаренная печь



Kymijärvi II

The plant - Hot gas cleaning



Магнитогорский металлургический



Керамический фильтр в установке без пылевой выдачи кокса

Количество модулей	1	Шт.
Производительность по воздуху	15.000 + 20.000	м³/ч
Гидравлическое сопротивление	2000	Па
Количество фильтровальных элементов	90	Шт.
Максимальная концентрация пыли на входе в фильтр	100	г/м³
Концентрация пыли на выходе из фильтра, не более	10	г/м³
Давление сжатого воздуха	4 + 6	бар
Расход сжатого воздуха	100	л/мин
Тип фильтровального элемента		
Размеры фильтровального элемента	Ø150x4000	мм
Материал фильтровального элемента	Керамические волокна	
Характеристики фильтровального элемента	<ul style="list-style-type: none"> - невоспламеняющийся - химически стойкий - искроустойчивый 	
Максимальная температура дымового газа		
- Постоянно	850	°C
- Кратковременно до	1000	°C
Корпус	Модульни	
Материал корпус	Нержавеющая сталь, устойчивая к высоким температурам	
Габаритные размеры (ДxШxВ)	2500x2300 x7250	мм
Фланец входа загрязненного воздуха (b x h)	2100x1900	мм
Фланец выхода очищенного воздуха	Ø440	мм
Масса без пыли, не более	5.000	Кг

Монтаж к.ф.э.

