



# Международная группа SAACKE

*Модернизация котлов горелками с низким NOx*

# SAACKE

О компании



SAACKE  
ЦЕНТРАЛЬНИЙ  
ОФИС  
БРЕМЕН, ГЕРМАНИЯ

Более чем в 50 странах  
Дочерними компаниями  
Дистрибьюторами и  
сервисными партнерами  
Сервисными центрами



**1.100** СОТРУДНИКОВ ПО  
ВСЕМУ МИРУ



ПРЕДСТАВЛЕНА ВО ВСЕМ МИРЕ



More than  
**450** ИНЖЕНЕРОВ

# SAACKE GROUP

## СЕМЕЙНАЯ КОМПАНИЯ



### 1. Поколение

КАРЛ ЗАКЕ,  
ОСНОВАТЕЛЬ (1931 – 1945)

1931



### 2. Поколение

ДОКТОР ГЕРБЕРТ  
ЗАКЕ (1945 – 1964)

1945



### 3. Поколение

ГАНС-ГЕРБЕРТ ЗАКЕ  
(1964 – 2005)

1964



### 4. Поколение

ГЕННИНГ ЗАКЕ, АНГЕЛИКА  
ЗАКЕ-ЛУМПЕР, БЕТТИНА  
ЗАКЕ

сегодня



# SAACKE GROUP



## Организационная структура

Наблюдательный совет (представители акционеров)

SAACKE GmbH – S A A C K E Group центр. офис– S A A C K E управление

SAACKE дочерние компании	Центральные функции поддержки	SAACKE Судовые системы (SMS)	SAACKE Промышленные решения (SIS)	SAACKE Производство
<ul style="list-style-type: none"> <li>SAACKE VKK MB GmbH</li> <li>SAACKE Austria</li> <li>SAACKE Switzerland</li> <li>SAACKE Benelux</li> <li>SAACKE France</li> <li>SAACKE Great Britain</li> <li>SAACKE Poland</li> <li>SAACKE Finland</li> <li>SAACKE Russia</li> <li>SAACKE Serbia</li> <li>SAACKE Croatia</li> <li>SAACKE Romania</li> <li>SAACKE Turkey</li> <li>SAACKE India</li> <li>SAACKE Saudi Arabia</li> <li>SAACKE China</li> <li>SAACKE Korea</li> <li>SAACKE South Africa</li> <li>SAACKE USA</li> <li>SAACKE Argentina</li> <li>SAACKE Australia</li> <li>SAACKE Brazil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Финансы&amp;Контроллинг</li> <li>• Исследования и разработки</li> <li>• Отдел кадров</li> <li>• Org. / IT / ERP</li> <li>• Стратегическое снабжение</li> <li>• Управление качеством</li> <li>• Маркетинг</li> <li>• Другое ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Продажи</li> <li>• Послепродажное обслуживание</li> <li>• Экспертно-консультационный центр                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Поддержка продаж</li> <li>• Закупки</li> </ul> </li> <li>• проектирование под заказ</li> <li>• QM / QS</li> <li>• Central BU Admin</li> <li>• ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Продажи</li> <li>• Послепродажное обслуживание</li> <li>• Центр тех. поддержки                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Поддержка продаж</li> <li>• Закупки</li> </ul> </li> <li>• проектирование под заказ</li> <li>• QM / QS</li> <li>• Central BU Admin</li> <li>• ...</li> </ul>	<p><b>Производство горелок</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• + SAACKE GmbH Bremen</li> <li>• + SAACKE Rossplet, Buenos Aires</li> </ul> <p><b>Производство котлов и металлоконструкций</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• + TPK Nova d.o.o. Zagreb / Croatia</li> <li>• + SQMBC Qingdao / China</li> </ul>

## Механизмы образования NOx

**NOx — собирательное название оксидов азота NO и NO2**

**. Они образуются в результате реакции между азотом, кислородом и даже углеводородами во время горения, особенно при высоких температурах ...**

**NOx газы образуются, когда сгорание происходит в присутствии азота ....**

# Модернизация котлов горелками с низким NOx **SAACKE**

## Механизмы образования NOx

Механизм образования	Источник азота	Значимость	Реакция
терм. NO	N <sub>2</sub> из воздуха для горения	для температур горения > 1 300 ° C!	$\text{atmospheric N}_2 \xrightarrow{\text{Zeldovich mechanism}} \text{thermal NO} \approx 20\%$
топливный NO	топливный азот e.g. C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	только для нефти (и для некоторых нестандартных газов)	<pre> graph LR     FN[fuel N] --&gt; VN[volatile N]     FN --&gt; CN[char N]     VN -- oxidising --&gt; FNO[fuel NO ≈ 75%]     VN -- reducing --&gt; N2_1[N2]     CN -- oxidising --&gt; FNO     CN -- reducing --&gt; N2_2[N2]                     </pre>
Быстрый NO	N <sub>2</sub> из воздуха для горения	в основном незначительна/не имеет значения	$\text{fuel radicals CH}_n + \text{N}_2 \xrightarrow{\text{Fenimore mechanism}} \text{prompt NO} \approx 5\%$

# Модернизация котлов горелками с низким NOx **SAACKE**

## Механизмы образования NOx

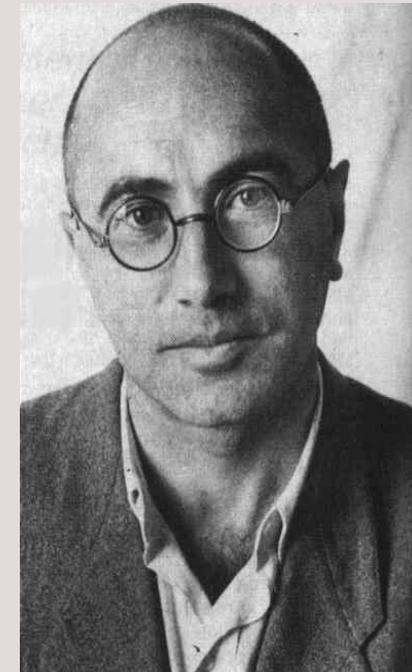
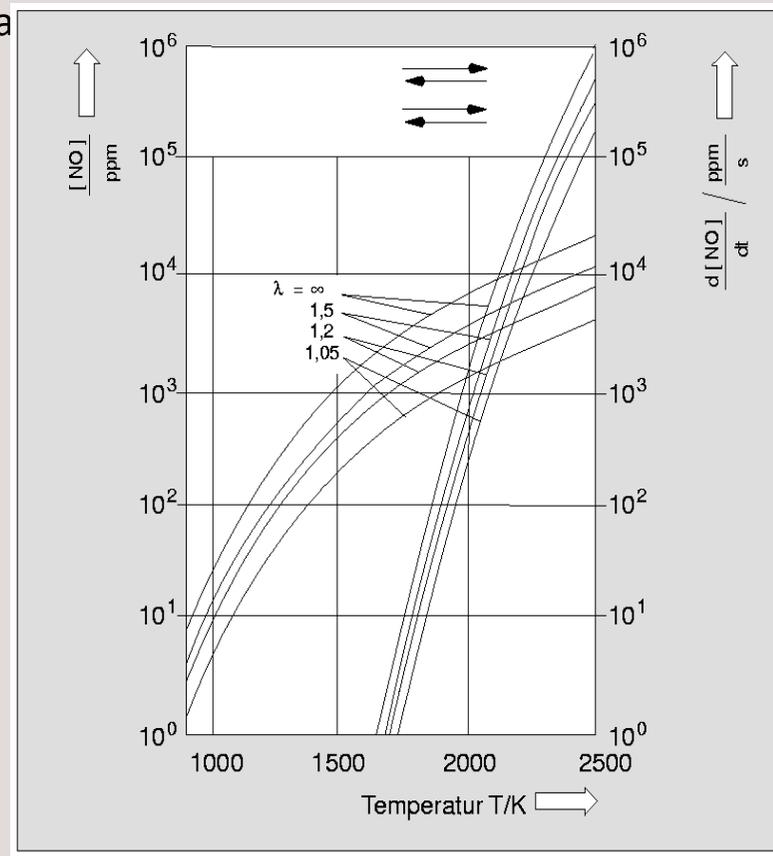
Formation mechanism	Nitrogen source	Relevance	Reaction
терм. NO	N <sub>2</sub> из воздуха для горения	для температур горения > 1 300 ° C!	<p>atmospheric N<sub>2</sub> <math>\xrightarrow{\text{Zeldovich mechanism}}</math> thermal NO <math>\approx 20\%</math></p> <p>fuel N <math>\begin{cases} \xrightarrow{\text{reducing}} \text{N}_2 \\ \xrightarrow{\text{oxidising}} \text{fuel NO} \approx 75\% \\ \xrightarrow{\text{oxidising}} \text{fuel NO} \approx 75\% \\ \xrightarrow{\text{reducing}} \text{N}_2 \end{cases}</math></p> <p>fuel radicals CH<sub>n</sub> + N<sub>2</sub> <math>\xrightarrow{\text{Fenimore mechanism}}</math> prompt NO <math>\approx 5\%</math></p>
топливный NO	топливный азот e.g. C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	только для нефти (и для некоторых нестандартных газов)	
Быстрый NO	N <sub>2</sub> из воздуха для горения	в основном незначительна/не имеет значения	

# Модернизация котлов горелками с низким NOx **SAACKE**

## Механизмы образования NOx

### Основные факторы термического образования NOx

- температура факела
- время пребывания
- избыточный воздух (лямбда)



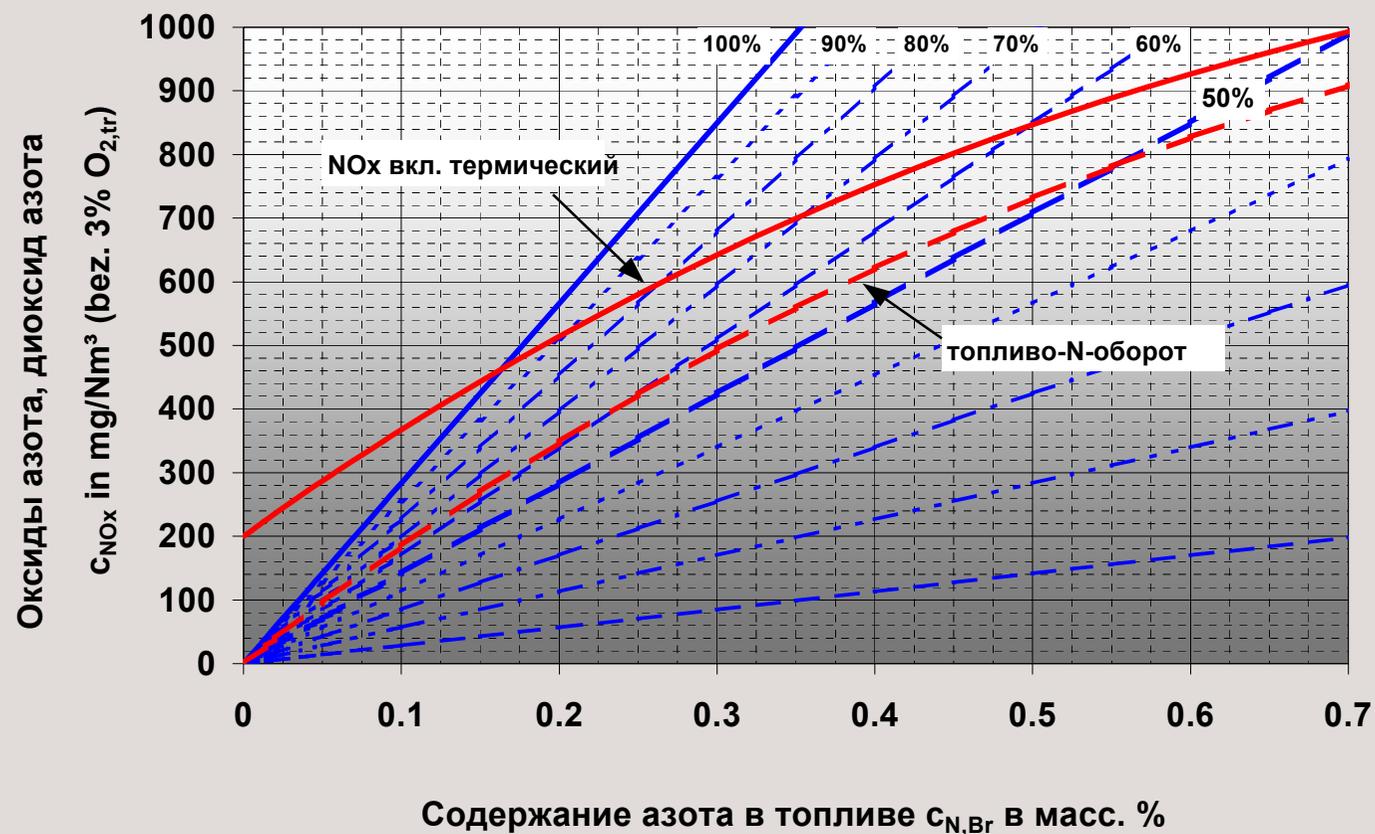
Яков Борисович Зельдович 1946

# Модернизация котлов горелками с низким NOx **SAACKE**

## Механизмы образования NOx

### Основные факторы топливного образования NOx

- содержание азота

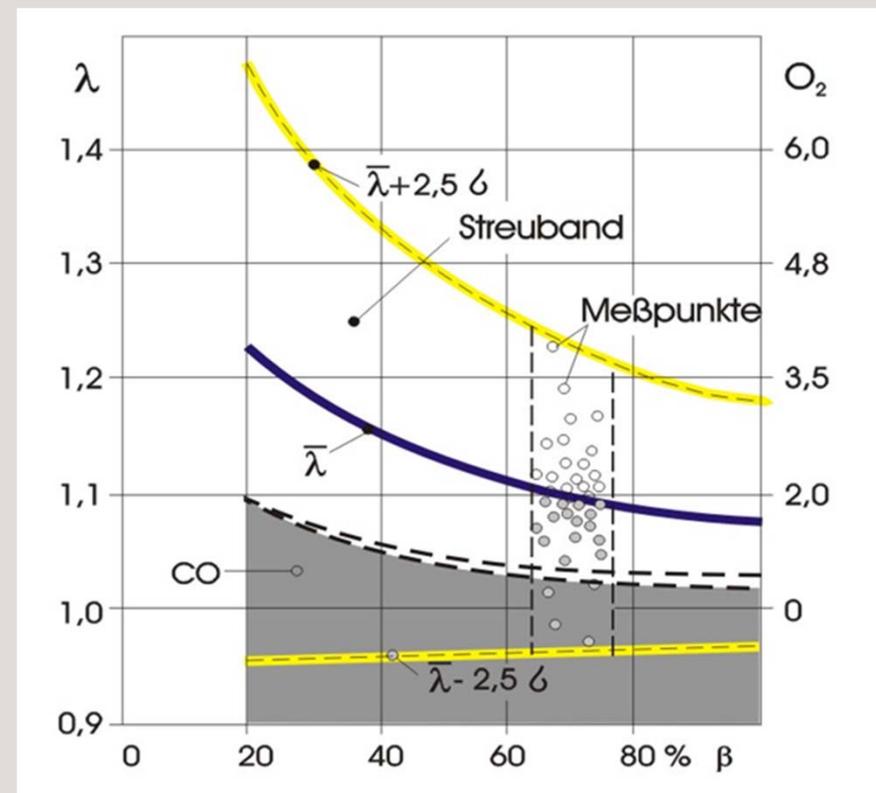


# Модернизация котлов горелками с низким NOx **SAACKE**

## Механизмы образования NOx

Основные факторы топливного образования NOx – топливовоздушная соединение

- длительное поле рассеивания O<sub>2</sub>
- сжигание газа
- механическое соединение топливо-воздух (4МВт)

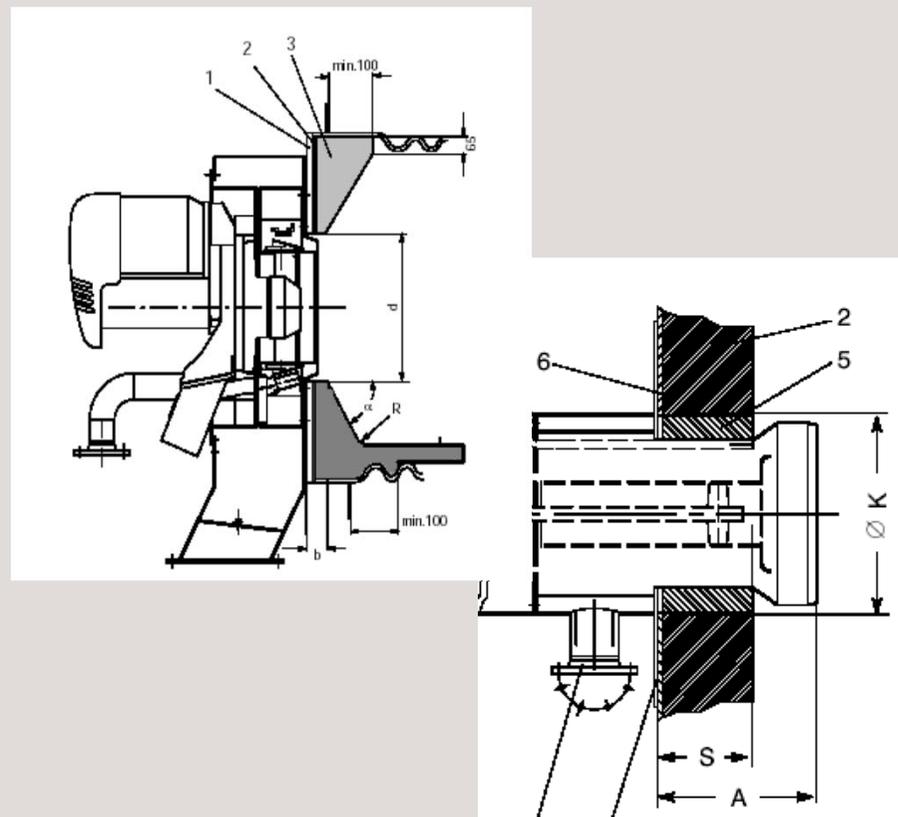


# Модернизация котлов горелками с низким NOx **SAACKE**

## Механизмы образования NOx

Основные факторы термического образования NOx – обмуровка котла с лицевой стороны и в топке

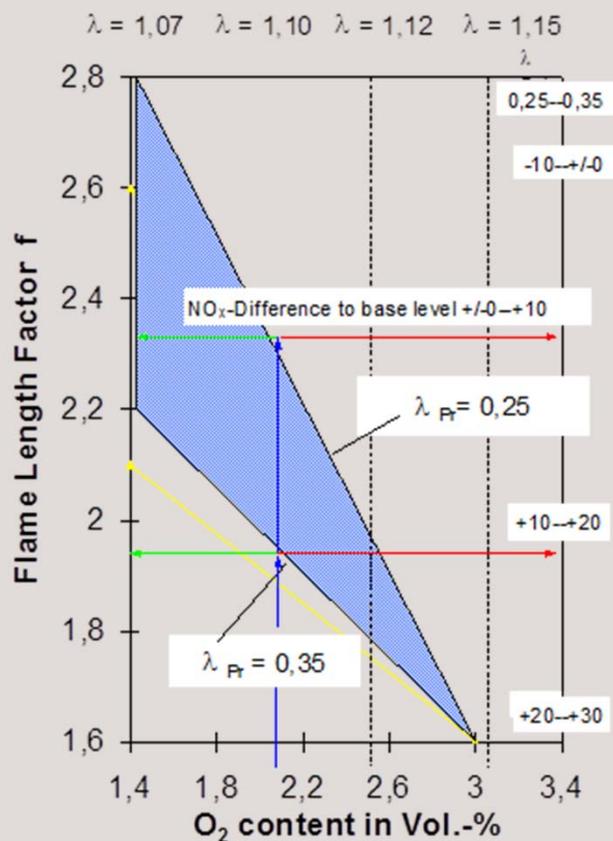
- Излучение тепла в корне пламени
- Время пребывания в большом диапазоне температур



# Модернизация котлов горелками с низким NOx **SAACKE**

## Механизмы образования NOx

Основные факторы термического образования NOx - геометрия факела/Время пребывания в большом диапазоне температур



$$L_{Fl} = f \cdot \sqrt[3]{P_{Br}}$$

$$b \geq \sqrt[3]{P_{Br}}$$

$$h \geq b$$

$P_{Br}$  – Burner capacity in MW

$b$  – Boiler width in m

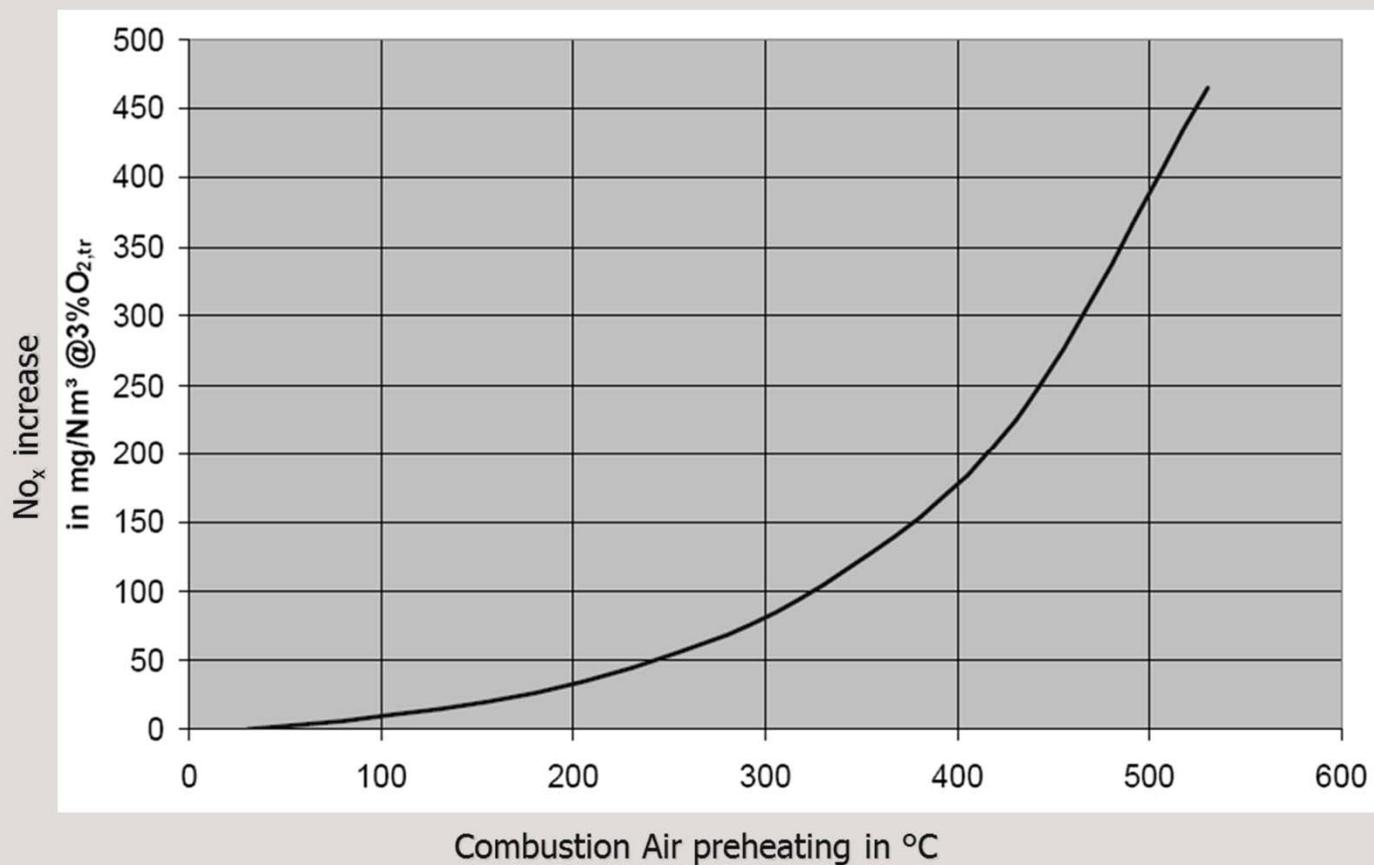
$h$  – Boiler height in m

$\lambda$  – Excess air number

# Модернизация котлов горелками с низким NOx **SAACKE**

## Механизмы образования NOx

Основные факторы термического образования NOx - предварительный подогрев воздуха



# Модернизация котлов горелками с низким NOx



## Меры сокращения NOx

### Основные параметры и как на них повлиять

Парциальное давление кислорода	Температура горения	Время пребывания в условиях высокой температуры
рециркуляция дымовых газов	рециркуляции дымовых газов	Оптимизация конструкции горелки
закачка в зону горения воды/пара	закачка в зону горения воды/пара	Оптимизация конструкции топки
снижение лямбда	Снижение подогрева воздуха	
подача воздуха	Однородная смесь воздух-топливо	
подача топлива	Ограничение скорости тепловыделения топки	

# Модернизация котлов горелками с низким NOx



## Меры сокращения NOx

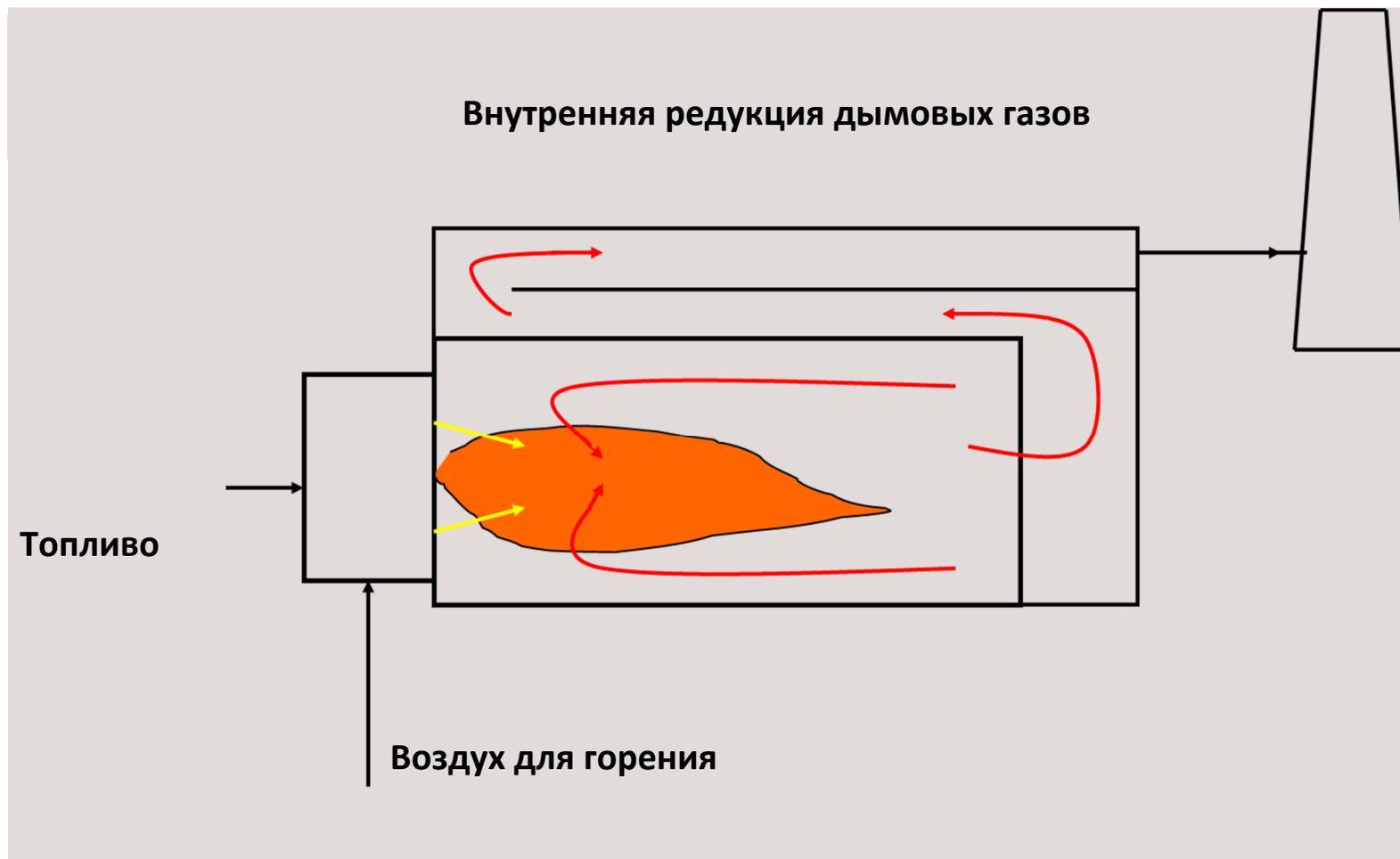
### Основные параметры и влияние на них

Первичные меры	Вторичные меры
Рециркуляция внутренних дымовых газов	Рециркуляция внешних дымовых газов
Подача воздуха	Закачка воды/пара в зону горения
Подача топлива	неселективное каталитическое восстановление
Оптимизация конструкции горелки (Low-NOx)	оксидов азота
Оптимизация топки	каталитический метод денитрификации дымовых газов

# Модернизация котлов горелками с низким NOx

SAACKE

## Меры сокращения NOx

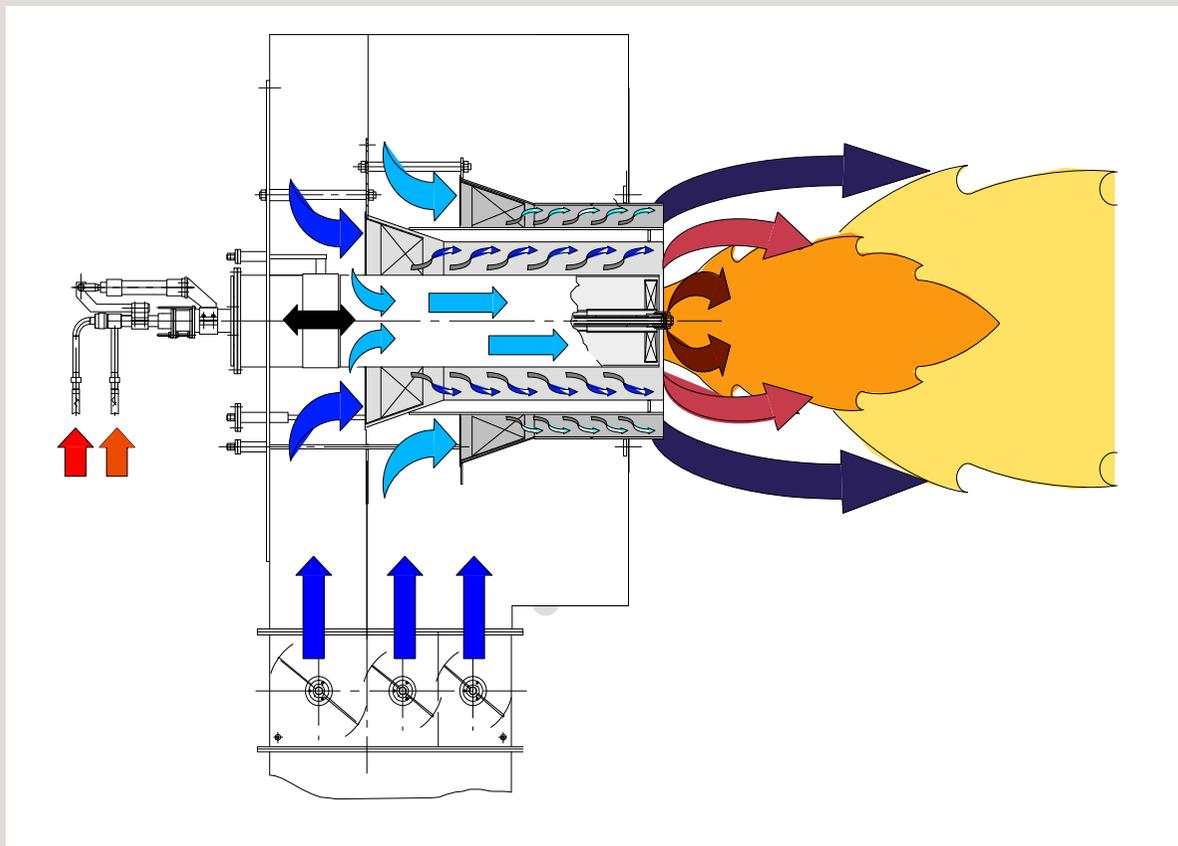


# Модернизация котлов горелками с низким NOx



## Меры сокращения NOx

Подача воздуха

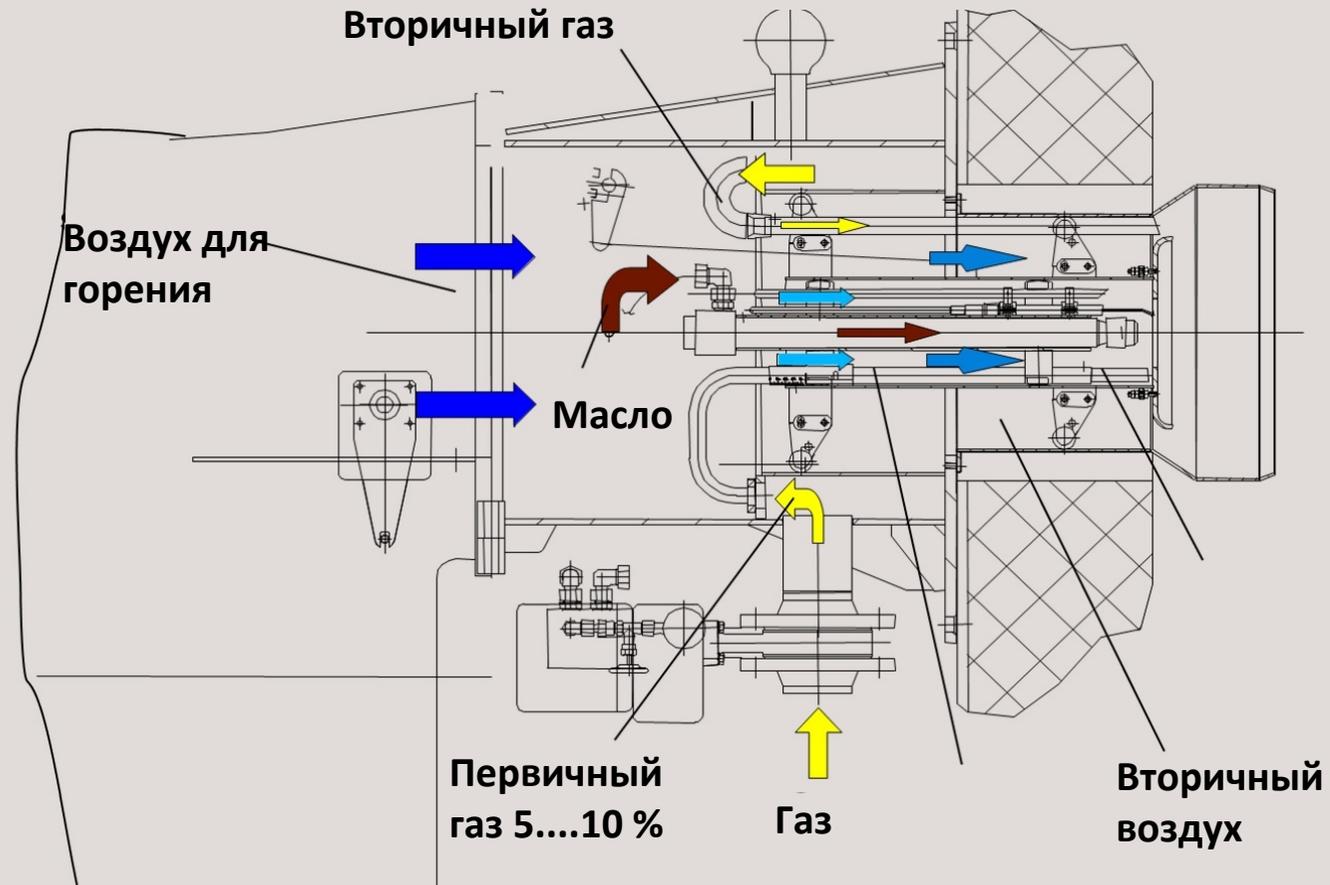


# Модернизация котлов горелками с низким NOx



## Меры сокращения NOx

Подача воздуха и топлива

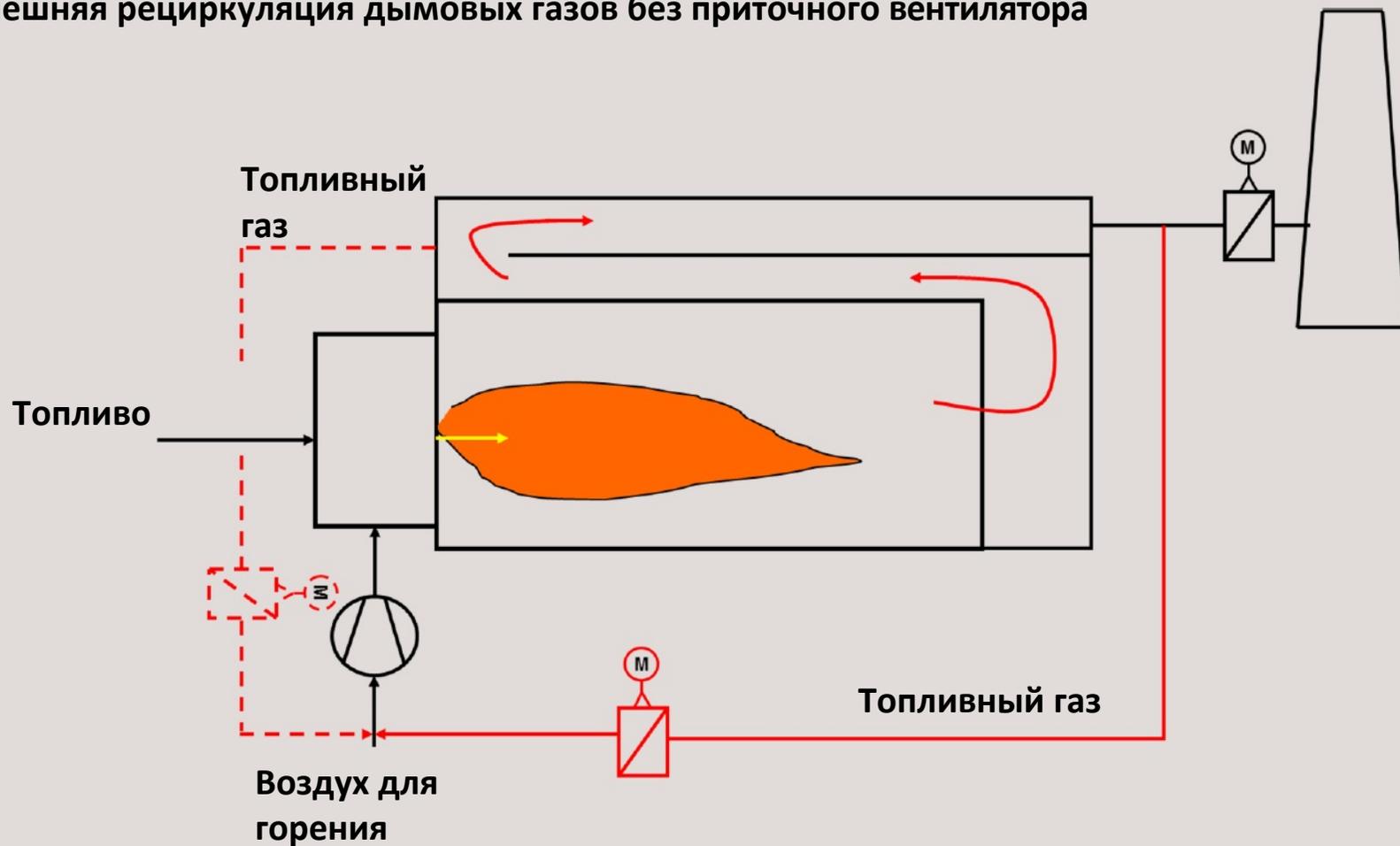


# Модернизация котлов горелками с низким NOx



## Меры сокращения NOx

Внешняя рециркуляция дымовых газов без приточного вентилятора

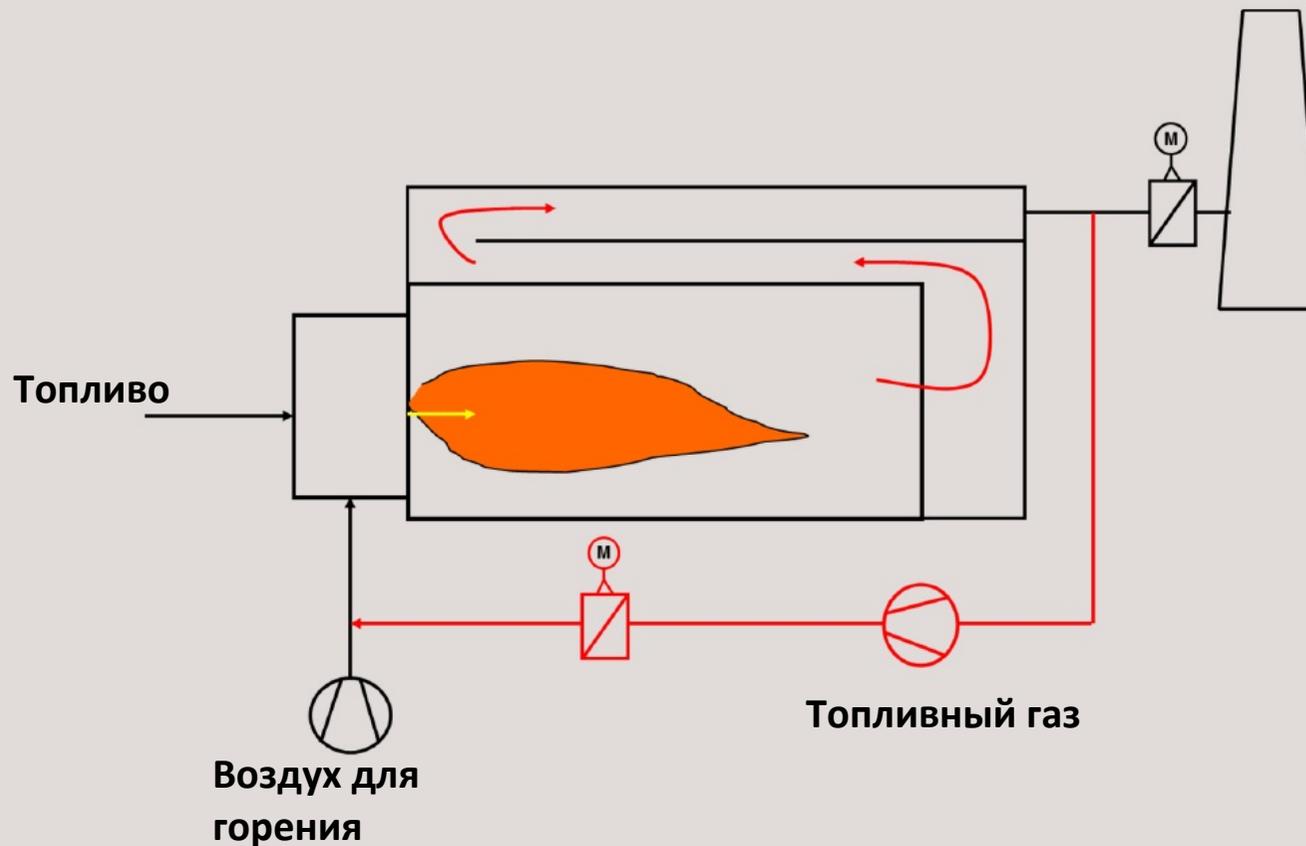


# Модернизация котлов горелками с низким NOx



## Меры сокращения NOx

Внешняя рециркуляция дымовых газов без приточного вентилятора

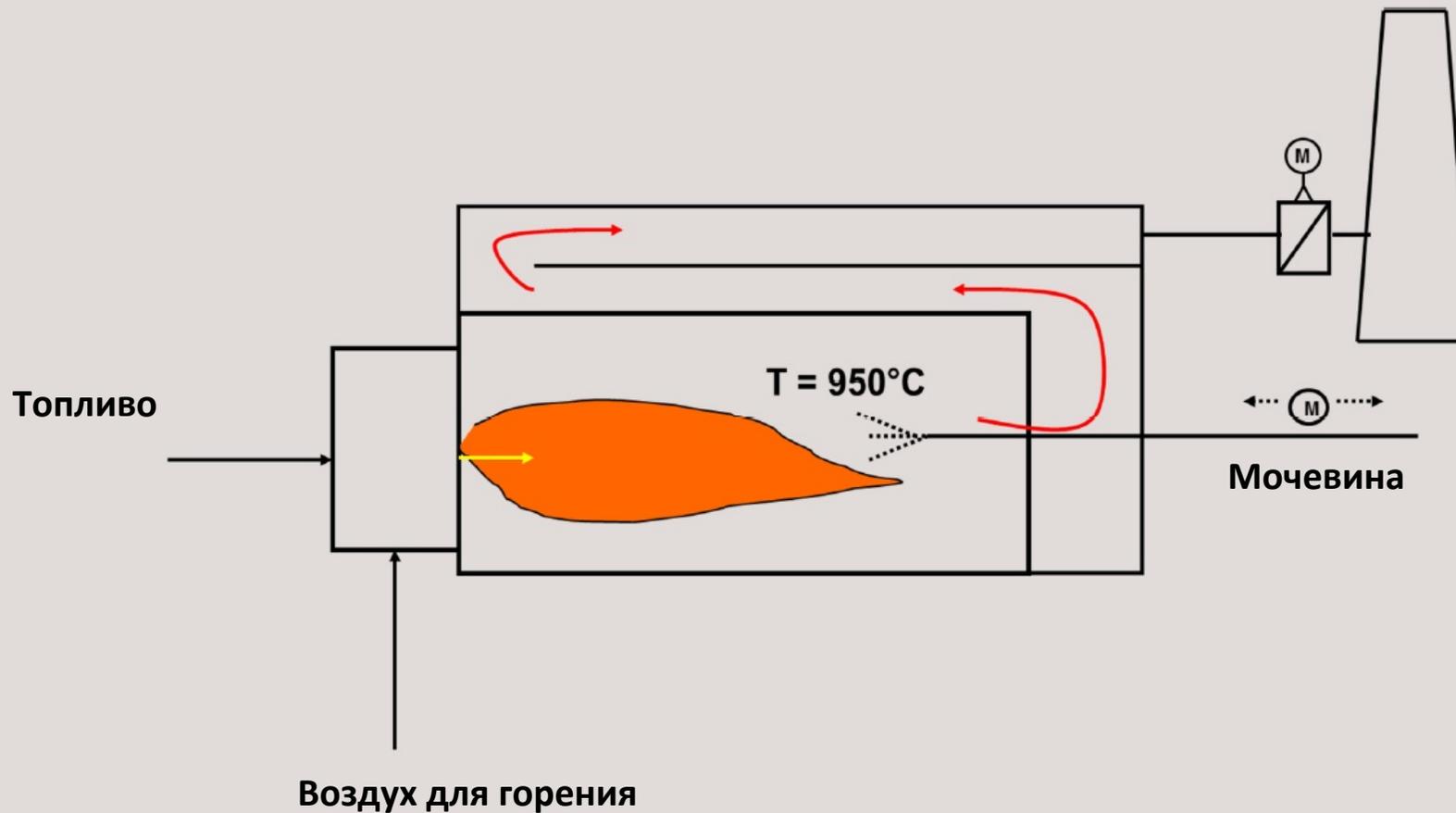


# Модернизация котлов горелками с низким NOx



## Меры сокращения NOx

Неселективное каталитическое восстановление оксидов азота (с впрыском мочевины)



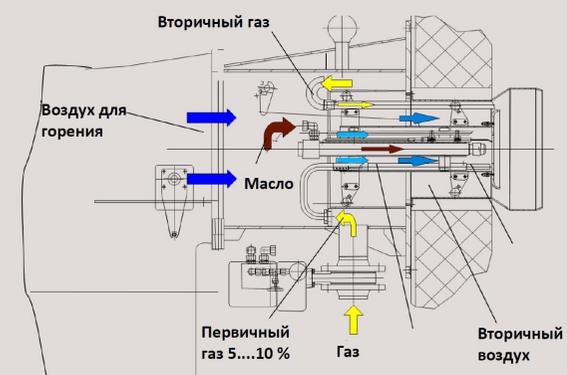
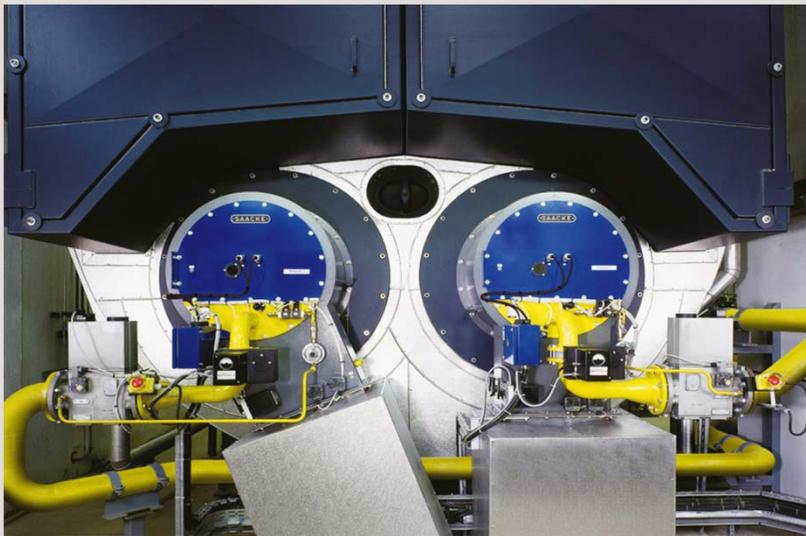
# Модернизация котлов горелками с низким NOx



## Меры сокращения NOx

TEMINOX GLS – Струя высокого давления +  
Горелка с газовым копьем

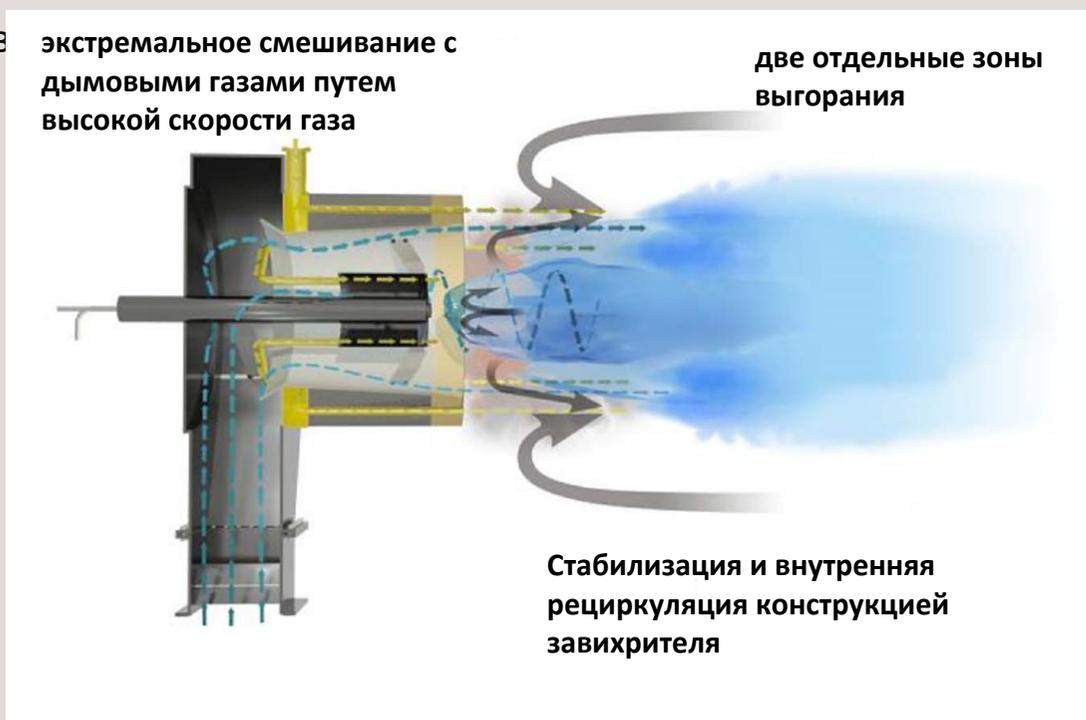
- подача воздуха
- подача топлива
- внутренняя рециркуляция дымовых газов
- мощность 3.5 – 25 MW



## Меры сокращения NOx

**DDZG EN/LN – Струя высокого давления с исп. воздушной/паровой среды  
+ Горелка с газовым копьем**

- подача воздуха
- подача топлива
- рециркуляция внутренних дымов
- мощность 10 – 80 MW

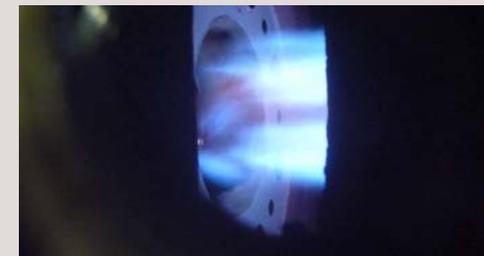
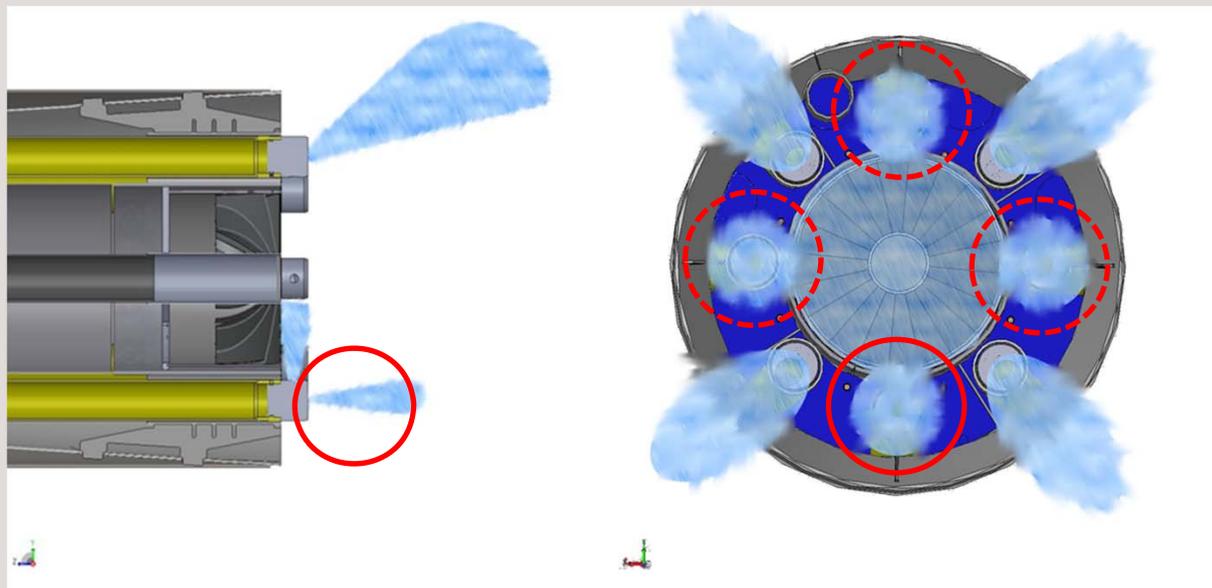


# Модернизация котлов горелками с низким NOx

*Меры сокращения NOx*



DDZG EN/LN – Первичное газовое пламя (~30%)

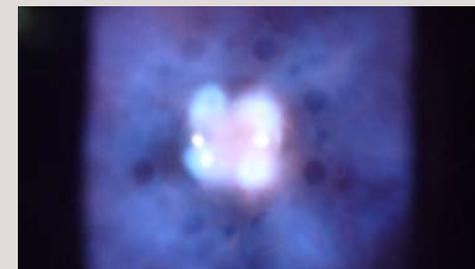
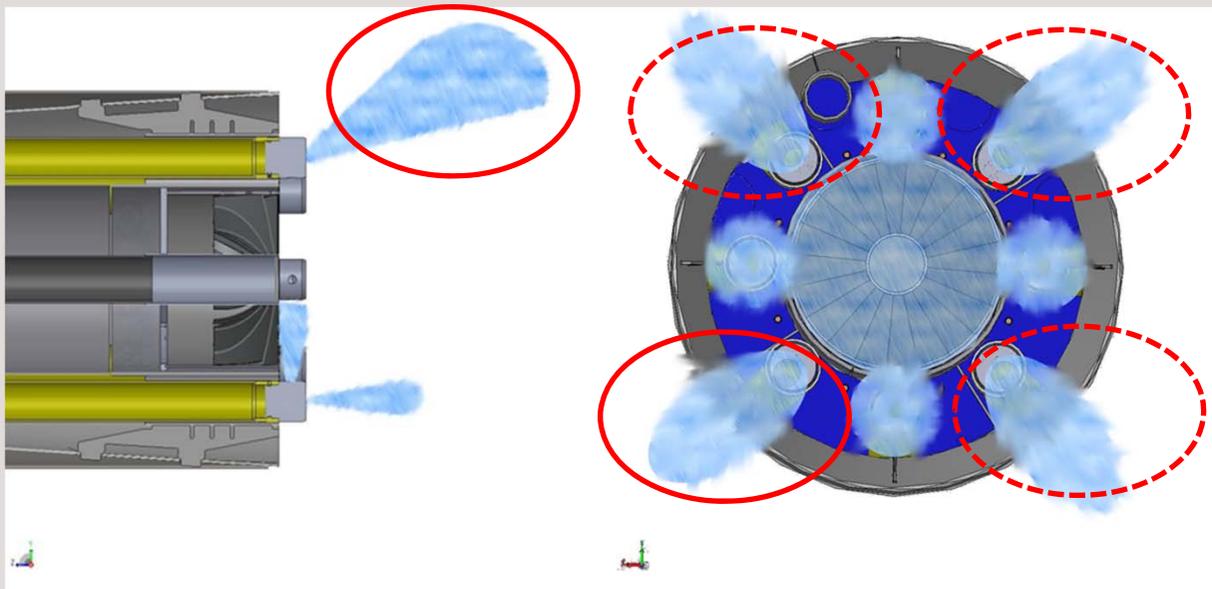


# Модернизация котлов горелками с низким NOx

*Меры сокращения NOx*



DDZG EN/LN – Вторичное газовое пламя



# Модернизация котлов горелками с низким NOx



## Меры сокращения NOx

### Модернизация горелками Saacke с низким NOx

- Топливо: природный газ
- Низшая теплотворная способность: 34,4 МДж/Нм<sup>3</sup> (0°C)
- Выбросы NOx: <100mg/Нм<sup>3</sup>
- Указанные значения выбросов рассматриваются в качестве описания мощности при условии что оценка данных о выбросах произведена в соответствии с EN 676 и EN 267 с учетом следующих условий:
  - сухие дымовые газы
  - содержание кислорода в дымовых газах 3 %
  - содержание влаги в воздухе для горения 10 г/кг
  - температура воздуха для горения 20 °C

# Модернизация котлов горелками с низким NOx **SAACKE**

## Меры сокращения NOx

### Модернизация горелками SAACKE с низким NOx

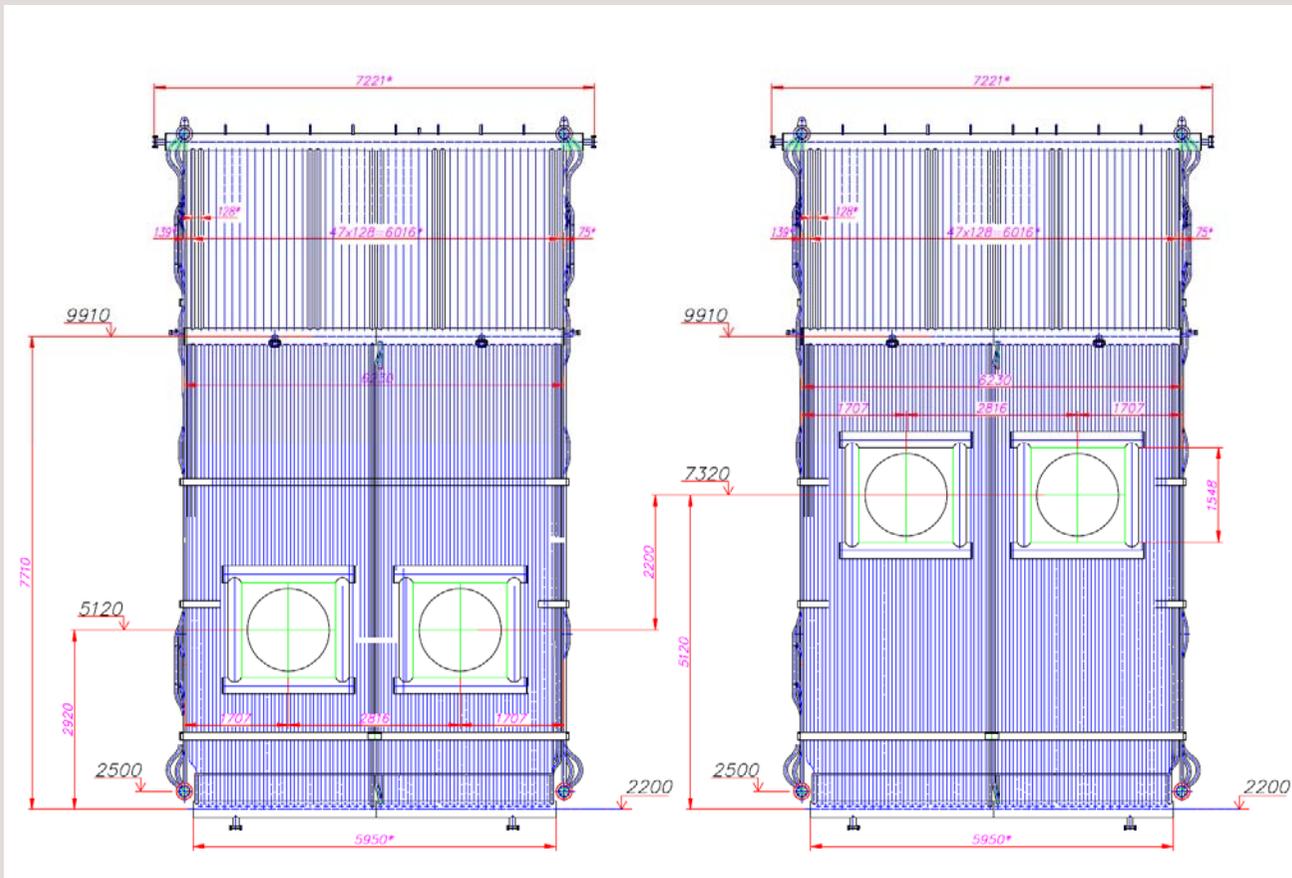
1 Gcal/h = 1.16 MBT

№	Тип котла	Мощность	Горелки (сегодня)	Топка (ШхВхГ мм)	Heat release MW/m <sup>3</sup>	Горелка (новая)	Тип горелки	Расположение горелок	Примечание
1	DE-25/14	25 t/h	1	1770x2400x6960	0.55	1	TEMINOX	Фронт.	
2	DKWR-10/13	10 t/h	2	2680x5200x2650	0.22	1 1 2	TEMINOX SSBGL DDZG	Пол Фронт. Фронт.	Рециркуляция Рециркуляция
3	DKWR-20/13	20 t/h	3	2680x5200x4900	0.22	1	TEMINOX GLS	Фронт.	
4	KWGM-50	50 Gcal/h	2	5568x4160x8020	0.34	2	DDZG EN/LN	Фронт.	
5	KWGM-100	100 Gcal/h	3	5568x6208x7920	0.46	3	DDZG EN/LN	Фронт.	
6	PTWM-30m-4	35 Gcal/h	6	2240x7000x4500	0.62	2	TEMINOX GLS	Пол	
7	PTWM-50	50 Gcal/h	12	4160x7250x4180	0.50	6	DDZG EN/LN	Фронт./задн.	
8	PTWM-100	100 Gcal/h	16	6230x7710x6208	0.42	4	DDZG EN/LN	Фронт./задн.	
9	PTW-100	100 Gcal/h	18	6230x7710x6208	0.42	4	DDZG EN/LN	Фронт./задн.	

# Модернизация котлов горелками с низким NOx

## Меры сокращения NOx

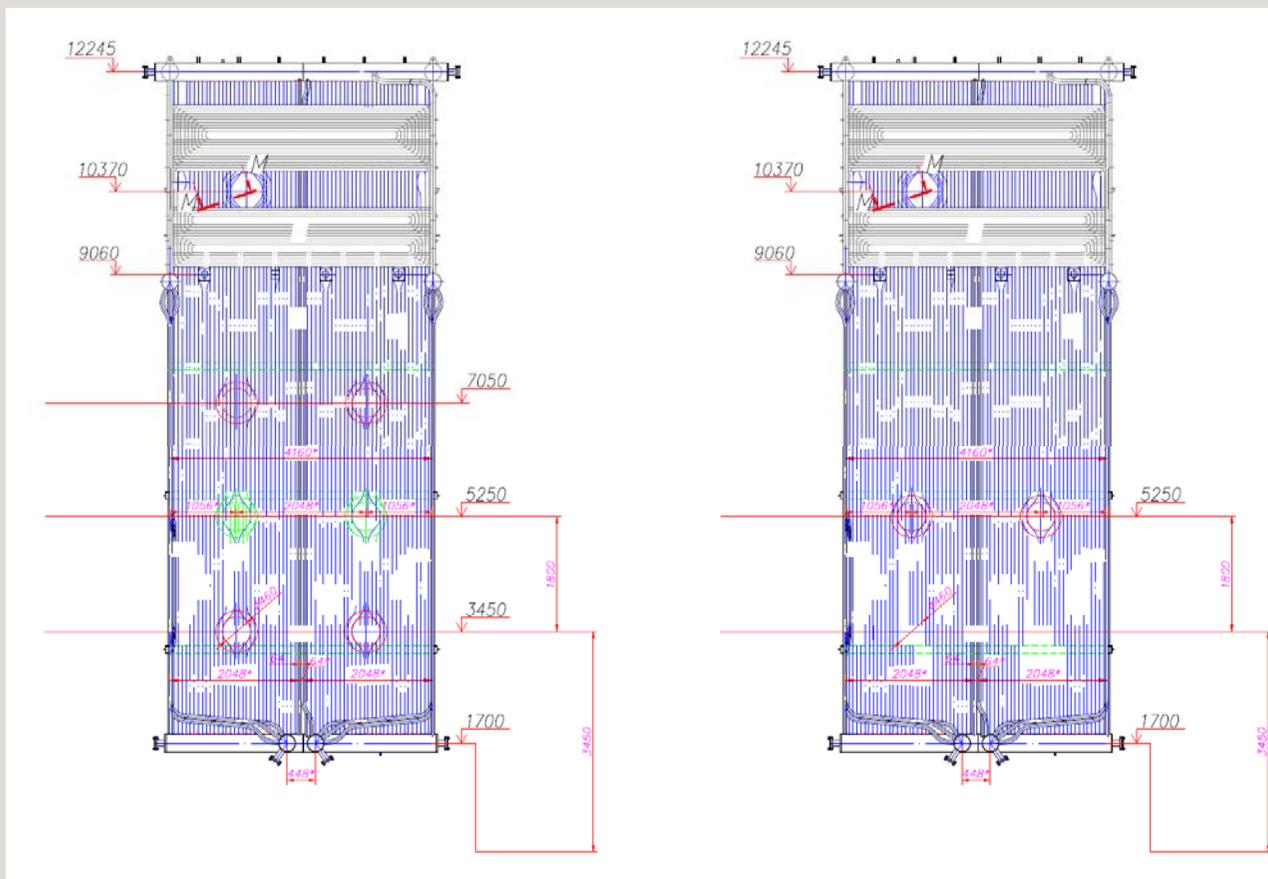
### Пример модернизации ПТВМ 100



# Модернизация котлов горелками с низким NOx

## Меры сокращения NOx

### Пример модернизации ПТВМ 50





# Модернизация котлов горелками с низким NOx **SAACKE**

*Меры сокращения NOx*

Пример модернизации КВГМ 50



### Глобальные и локальные

С помощью сервисных станций в более чем 20 странах по всему миру, более 70 международных агентов и ряда сервисных центров во всех ключевых портах, нас можно найти там, где наши клиенты нуждаются в нас.

*Мы  
интернациональны,  
как и наши клиенты.*

# Благодарим за внимание

