

*Донецк, сентябрь 2011 г.*



# Перспективы внедрения чистых угольных технологий в теплоэнергетику Украины



**И. Вольчин**

Институт угольных энерготехнологий  
НАН Украины, Киев  
[volchyn@gmail.com](mailto:volchyn@gmail.com)

## Выработка электроэнергии в Украине, млрд. кВтч

	2009	2010	+/-
<b>АЭС</b>	82.9 (48.0 %)	89.2 (47.4 %)	+6.3
<b>ТЭС и ТЭЦ</b>	71.1 (41.1 %)	78.0 (41.5 %)	+6.9
<b>ГЭС и ГАЭС</b>	11.8 (6.8 %)	12.9 (6.9 %)	+1.1
<b>Блок-станции и коммунальные ТЭЦ</b>	7.1 (4.1 %)	7.8 (4.2 %)	+0.7
<b>Всего</b>	172.9 (100 %)	187.9 (100 %)	+15.7

## Состояние ТЭС генерирующих компаний Украины (на 01.10.2010)

- 96 энергоблоков, из них 8 газомазутных;
- 7 энергоблоков отработало больше 300 тыс. ч;
- 40 энергоблоков отработало от 250 до 300 тыс. ч;
- 32 энергоблока отработало от 200 до 250 тыс. ч;
- В 2010 г. 7.74 ГВт мощностей не эксплуатировалось, из них 8 газомазутных энергоблоков (300 и 800 МВт) и 9 пылеугольных энергоблоков (150, 200 та 300 МВт);
- Роль «замыкающих» мощностей в ОЭС Украины.
- КПД угольных энергоблоков 300 МВт становить 30-34 %
- ККД вугільних энергоблоков 150-200 МВт – 28-32 %
- Удельный выброс диоксида углерода на существующих угольных энергоблоках превышает 1000 г/кВтч.

# Изменение структуры топливного баланса ТЭС ГК Украины

	1990	2010
Уголь	33%	94%
Природный газ	50%	6%
Мазут	17%	—

## Запасы углей в Украине

44 млрд. т (категории А+В)

117 млрд. т (категории А+В+С)

## Выбросы по ТЭС ГК Украины (2009)

Загрязняющее вещество	Объем, тыс. тонн	Лимит Украины по Мультипротоколу, тыс. тонн (2010)
SO <sub>2</sub>	1050	1457
NO <sub>x</sub>	135	1222
Твердые частицы	235	
CO	10	
CO <sub>2</sub>	66.2 млн. т	

# Существующий уровень содержания загрязняющих веществ в дымовых газах ТЭС Украины

<b>Вещество</b>	<b>Концентрация, мг/м<sup>3</sup></b>
<b>Твердые частицы</b>	
Электростатические фильтры (62.5%),	
Осадительный электрод < 12 м	600-2500
Осадительный электрод => 12 м	250-2100
Мокрые скрубберы Вентури (37.5 %),	1100-3200
<b>Диоксид серы</b>	2000-7000
<b>Оксиды азоты</b>	500-1800



## **Основные нормативные документы, направленные на снижение выбросов загрязняющих веществ от котлов ТЭС**

7

- Протокол о тяжелых металлах 1997 г. и Протокол о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном 1999 г. к Конвенции ООН о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния 1979 г (LRTAP Convention).
- Приказ Минприроды от 22.10.2008 № 541 «Об утверждении технологических нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ из теплосиловых установок, номинальная тепловая мощность которых больше 50 МВт».
- Присоединение Украины к Соглашению об Энергетическом сообществе (подключение к европейской электросети ENTSO-E); до 31.12.2017 уровень выбросов ТЭС должен соответствовать требованиям Директивы 2001/80/ЕС.
- Принятие Директивы 2010/75/EU «О промышленных выбросах».



## Чистые угольные технологии

- Высокоэффективное использование энергии твердого топлива (электрический КПД выше 40 %)
- Низкие удельные выбросы углекислого газа (700-800 г/кВтч)
- Низкие выбросы загрязняющих веществ (диоксида серы, оксидов азота, твердых частиц, оксида углерода)
- Утилизация твердых отходов производства. Отсутствие мест их хранения.
- Очистка сточных вод.



## Пылеугольное сжигание

- Ультра-сверхкритические параметры острого пара (давление около 300 бар, температура выше 600 °С)
- Применение 2 промперегревов
- КПД нетто выше 42 %
- Выбросы твердых частиц ниже 10 мг/м<sup>3</sup>
- Выбросы диоксида серы ниже 200 мг/м<sup>3</sup>
- Выбросы оксидов азота ниже 150 мг/м<sup>3</sup>
- Примеры: ТЭС Niederaussem (Германия), Nordjylland, Avedoer (Дания), Isogo (Япония), Wang-gu (Китай) ...

# ТЭС Isogo, блок № 2 (600 МВт)

- КПД – 45 %
- Давление – 25 МПа
- Температура – 600 С
- Технология очистки от оксидов суры и азота – сухая регенеративная технология активированного кокса (ReACT)

## Степень очистки:

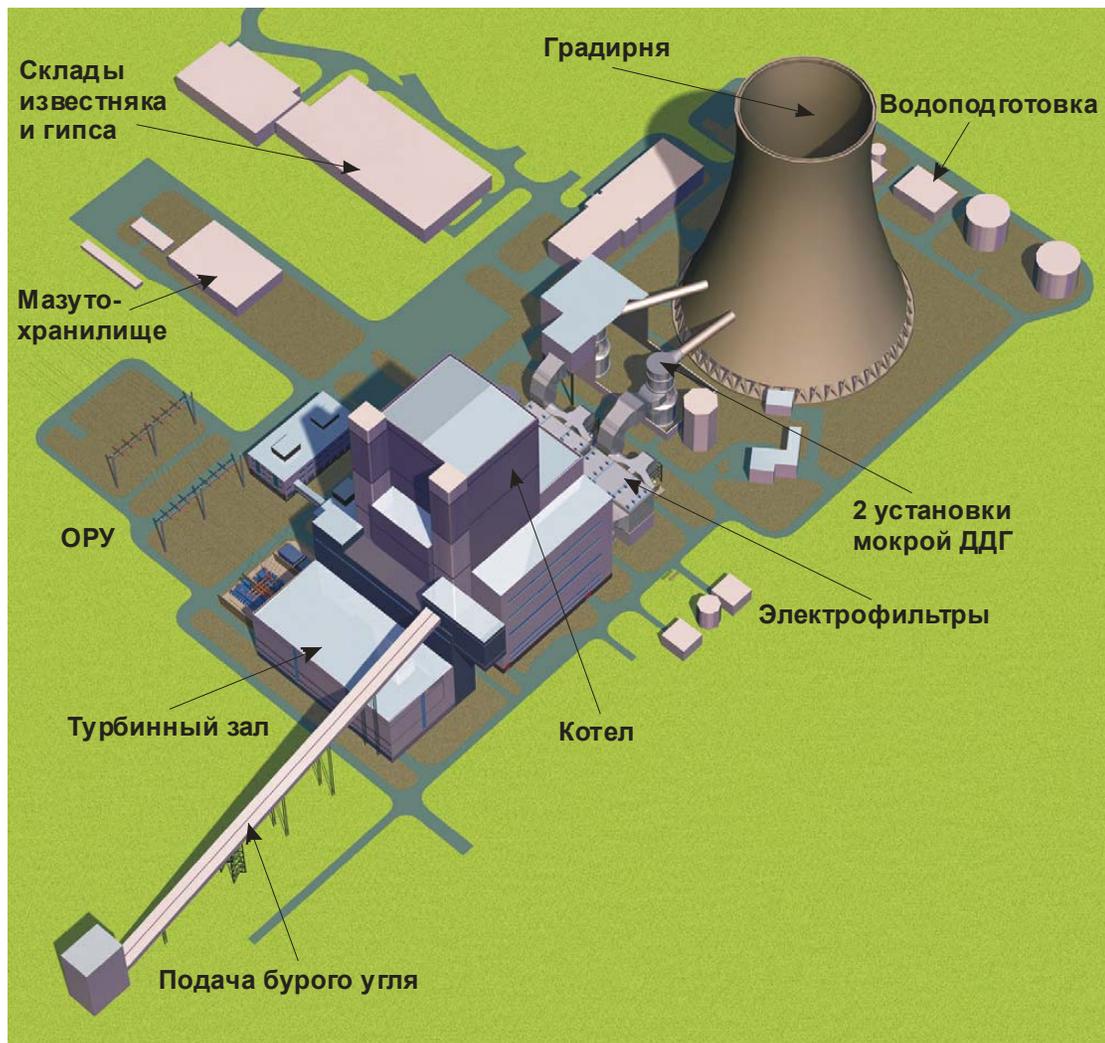
SO<sub>2</sub> – 98%

NO<sub>x</sub> – 92 %

PM – 99.9 % ( < 5 мг/м<sup>3</sup>)



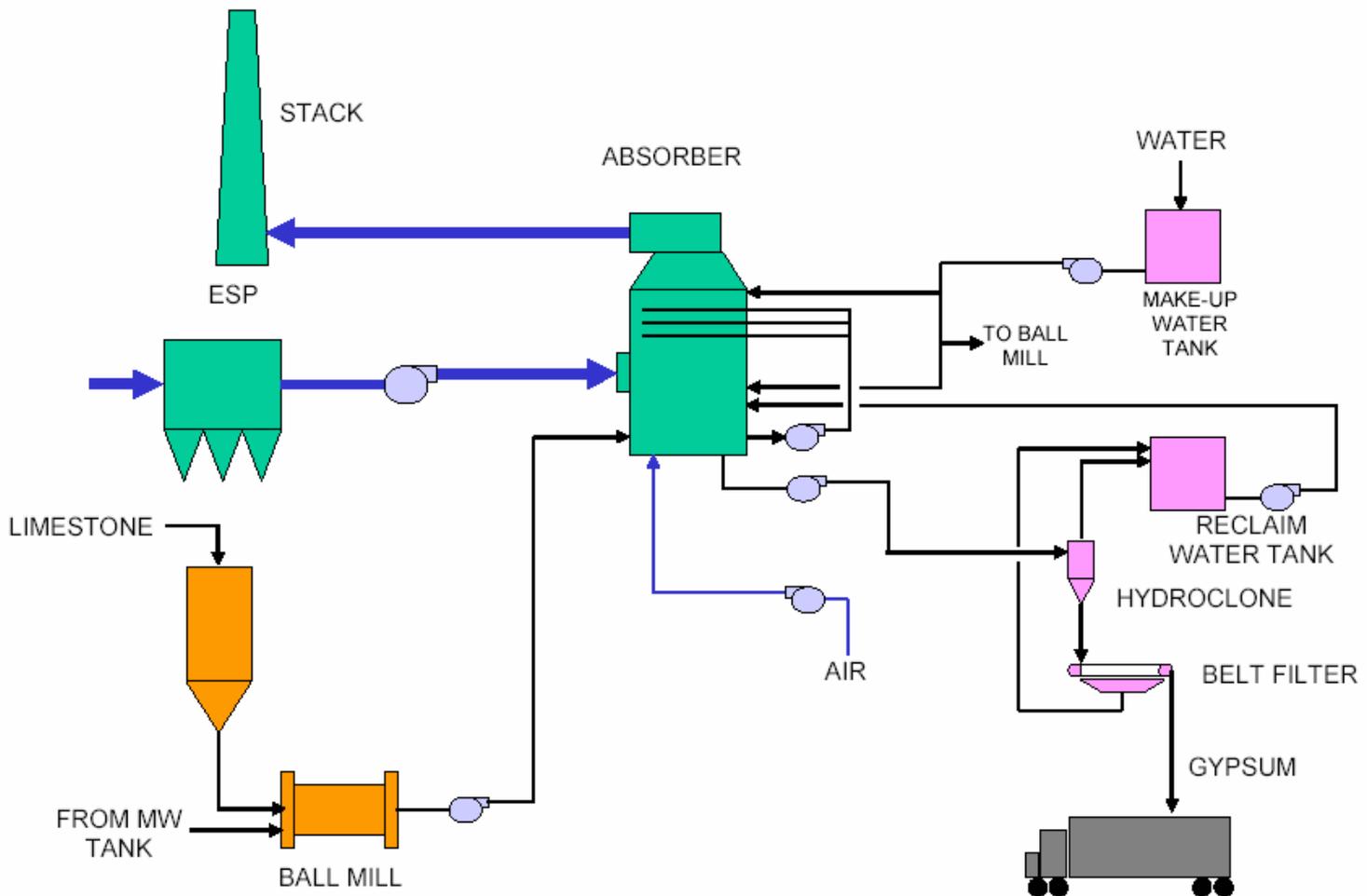
# ТЭС Velchatow, блок 858 МВт



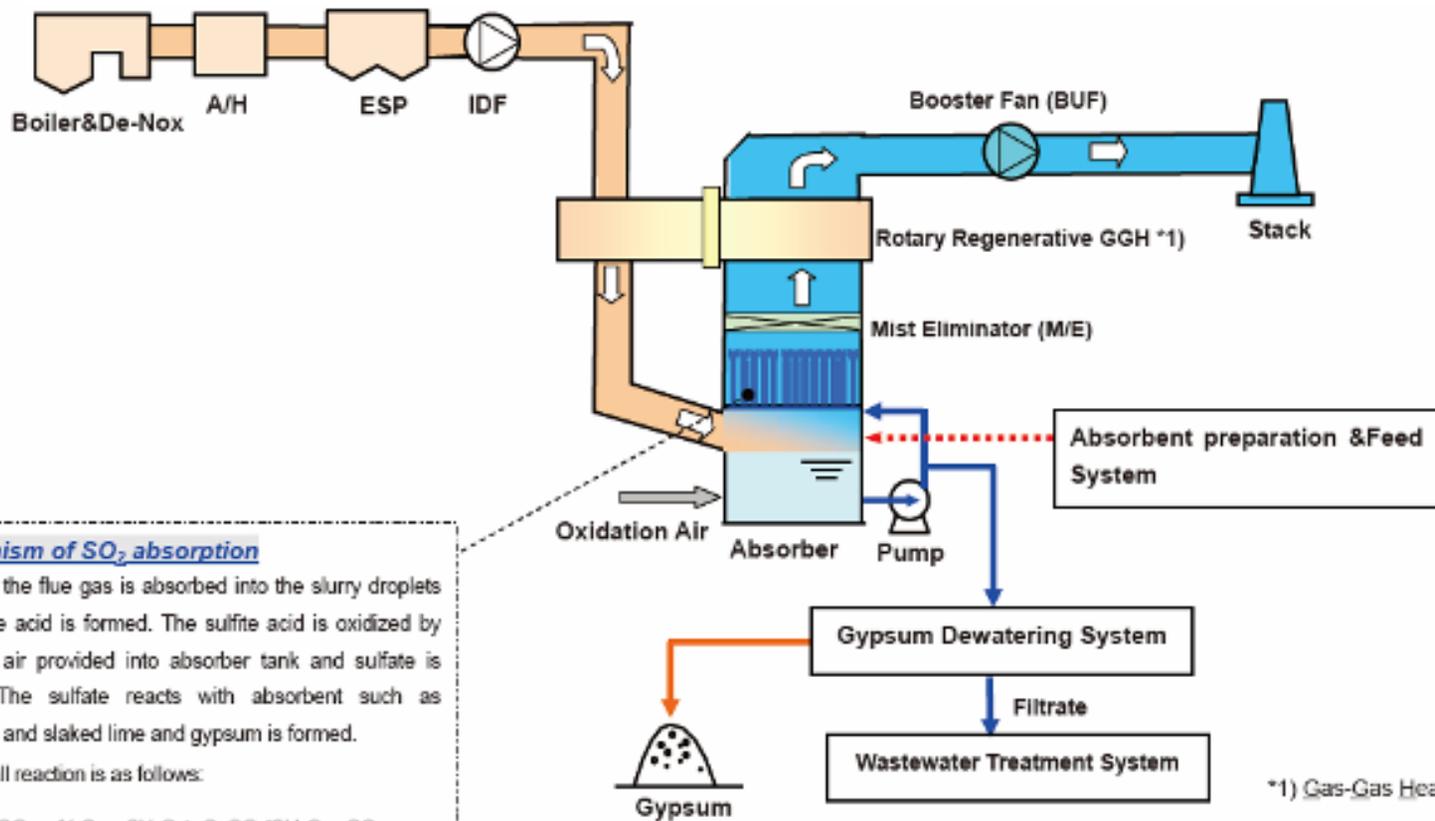
## Технологии снижения выбросов загрязняющих веществ

Вещество	Технология	Эффективность, %
Твердые частицы	Электрофильтры	99.3 и выше
	Рукавные фильтры	99.8 и выше
Диоксид серы	Мокрая десульфуризация	95-98 (известняк)
	Сухая десульфуризация	выше 95 (в ЦКС)
	Полусухая сероочистка	выше 95 (известь)
Оксиды азота	Режимно-технологические методы	До 80
	Селективное каталитическое восстановление	До 90

# Мокрая десульфуризация дымовых газов с принудительным окислением



# Схема процесса МНІ DCFS (Double Contact Flows Scrubber)



## Mechanism of SO<sub>2</sub> absorption

SO<sub>2</sub> from the flue gas is absorbed into the slurry droplets and sulfite acid is formed. The sulfite acid is oxidized by oxidation air provided into absorber tank and sulfate is formed. The sulfate reacts with absorbent such as limestone and slaked lime and gypsum is formed.

The overall reaction is as follows:



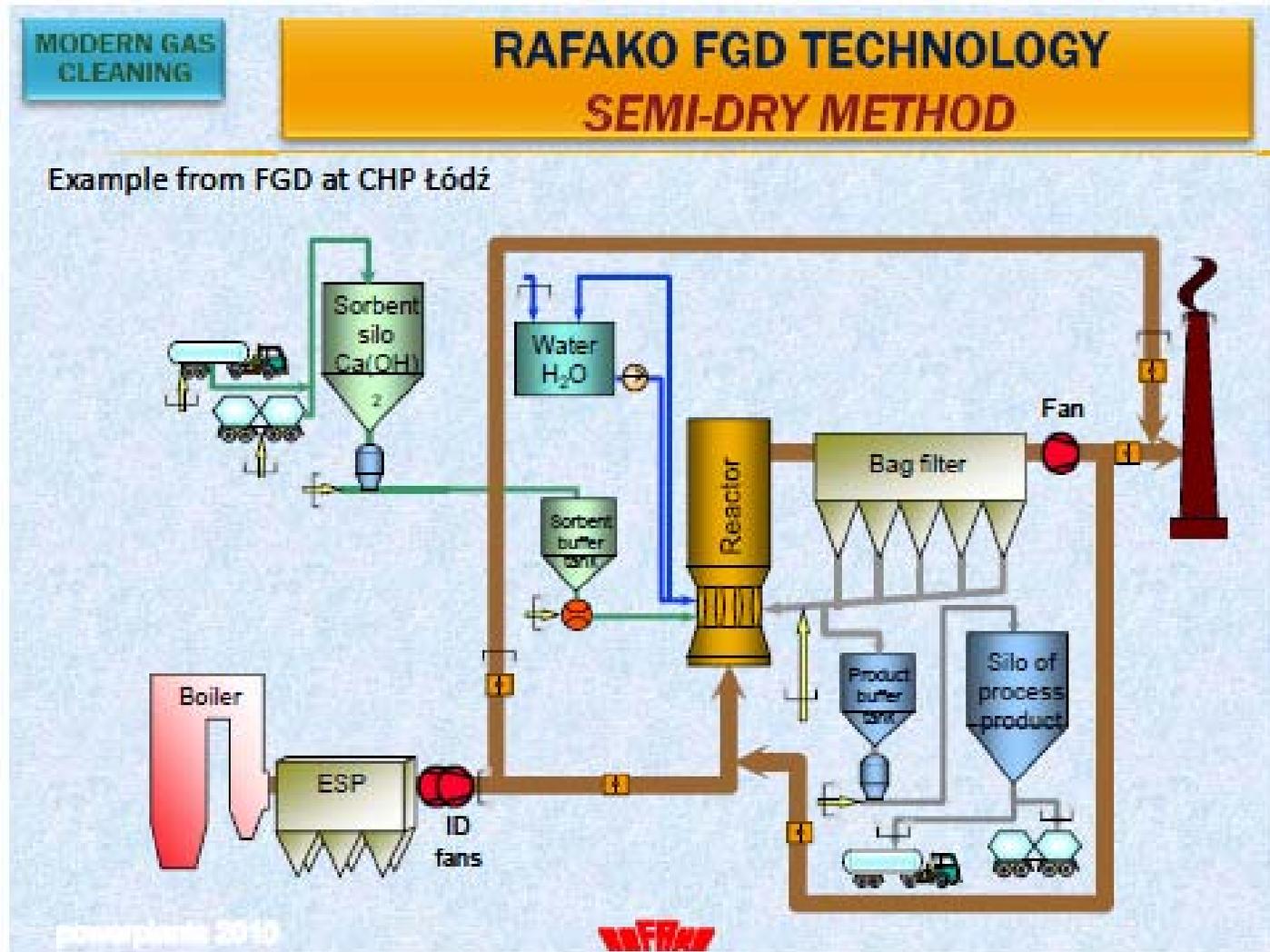
\*1) Gas-Gas Heater



## Характеристики мокрого известнякового метода ДДГ

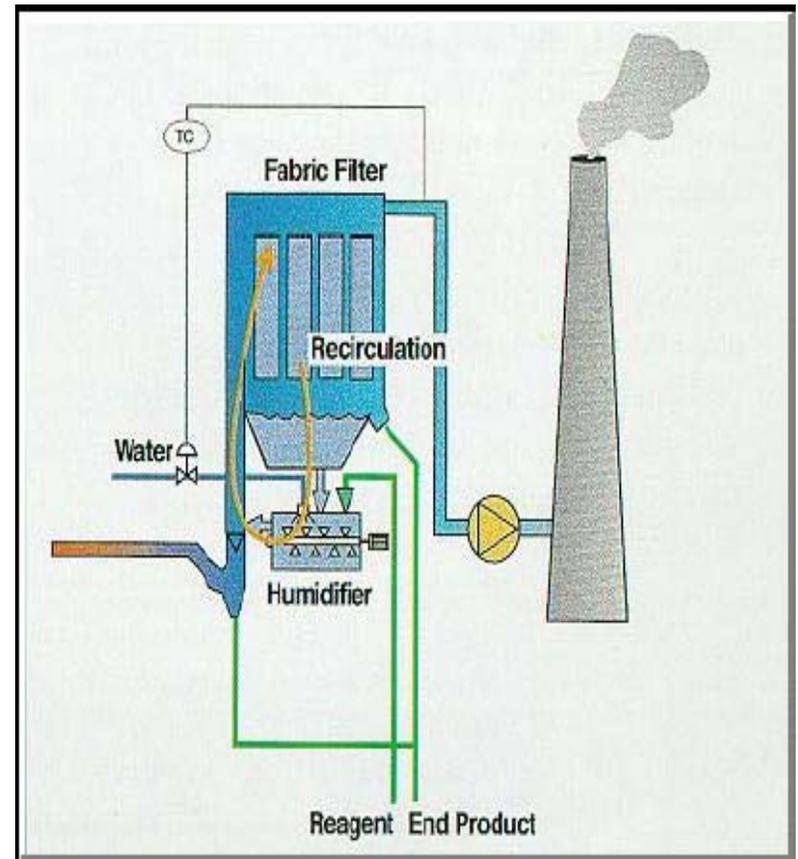
- Эффективность удаления  $\text{SO}_2$  – 92-98 %
- Рабочая температура – 45-55 °С
- Энергопотребление – 1-3 % мощности энергоблока
- Перепад давления – 20-30 гПа
- Время пребывания – 10 сек
- Мольное отношение Ca/S – 1.02-1.1
- Надежность – 95-98 %
- Субпродукт – гипс (степень чистоты – 90-95 %)
- Водопотребление – 8-15 л/м<sup>3</sup> дымовых газов
- Эффективность улавливания пыли – до 10 мг/м<sup>3</sup>
- Капитальные затраты – 120-200 US\$/кВт

# Принципиальная схема полусухой сероочистки



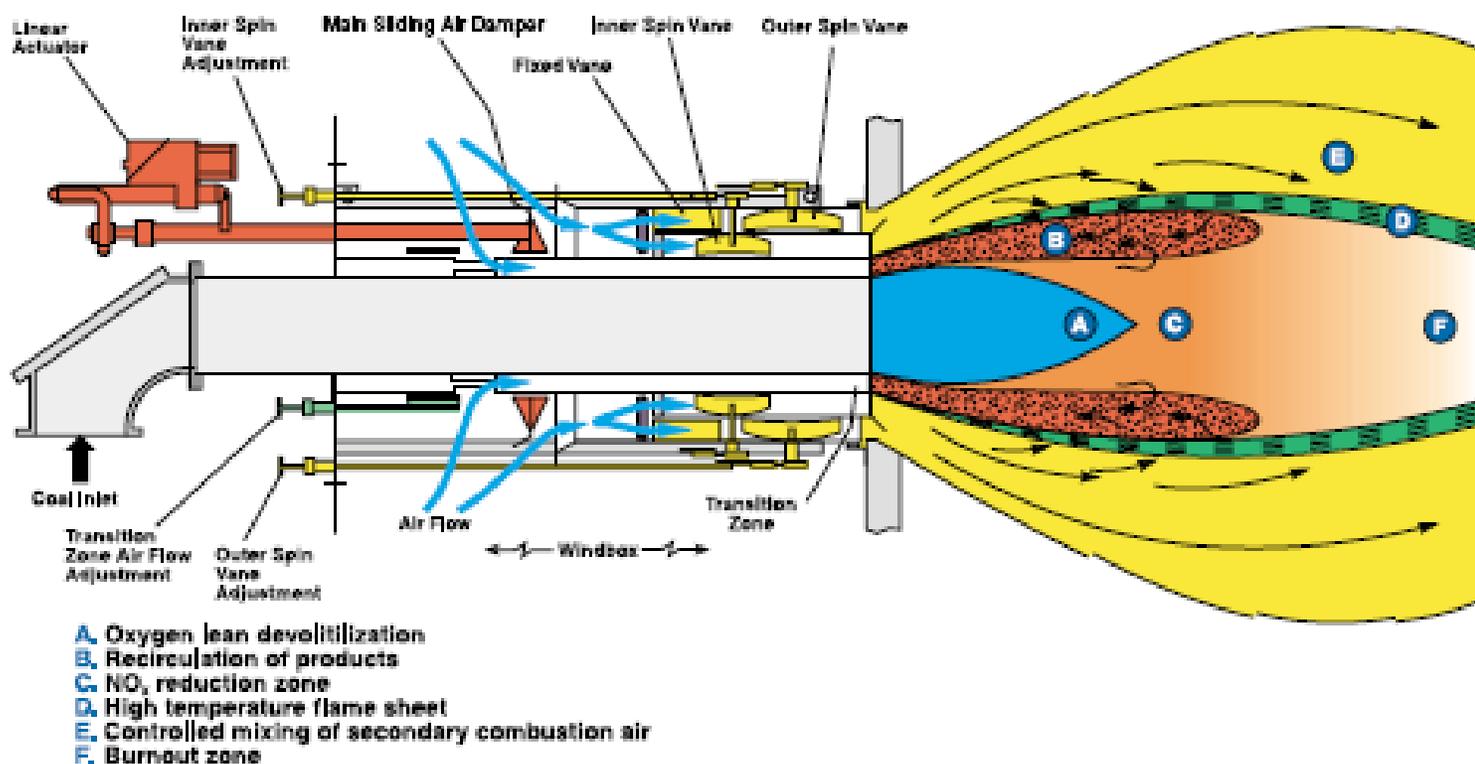
## Технология НИД

- Эффективность – 80-95%
- Сорбент – известь  $\text{CaO}$
- Сухой субпродукт – смесь гидрата, сульфата и сульфита кальция и летучей золы
- Содержание влаги в сорбенте – 5 % (гумидификатор)
- Малые пространственные требования
- На выходе рукавного фильтра содержание пыли –  $30 \text{ мг/нм}^3$



## Малотоксичные горелки (LNB)

### Low NO<sub>x</sub> DRB-4Z™ Coal-Fired Burner Combustion Zones

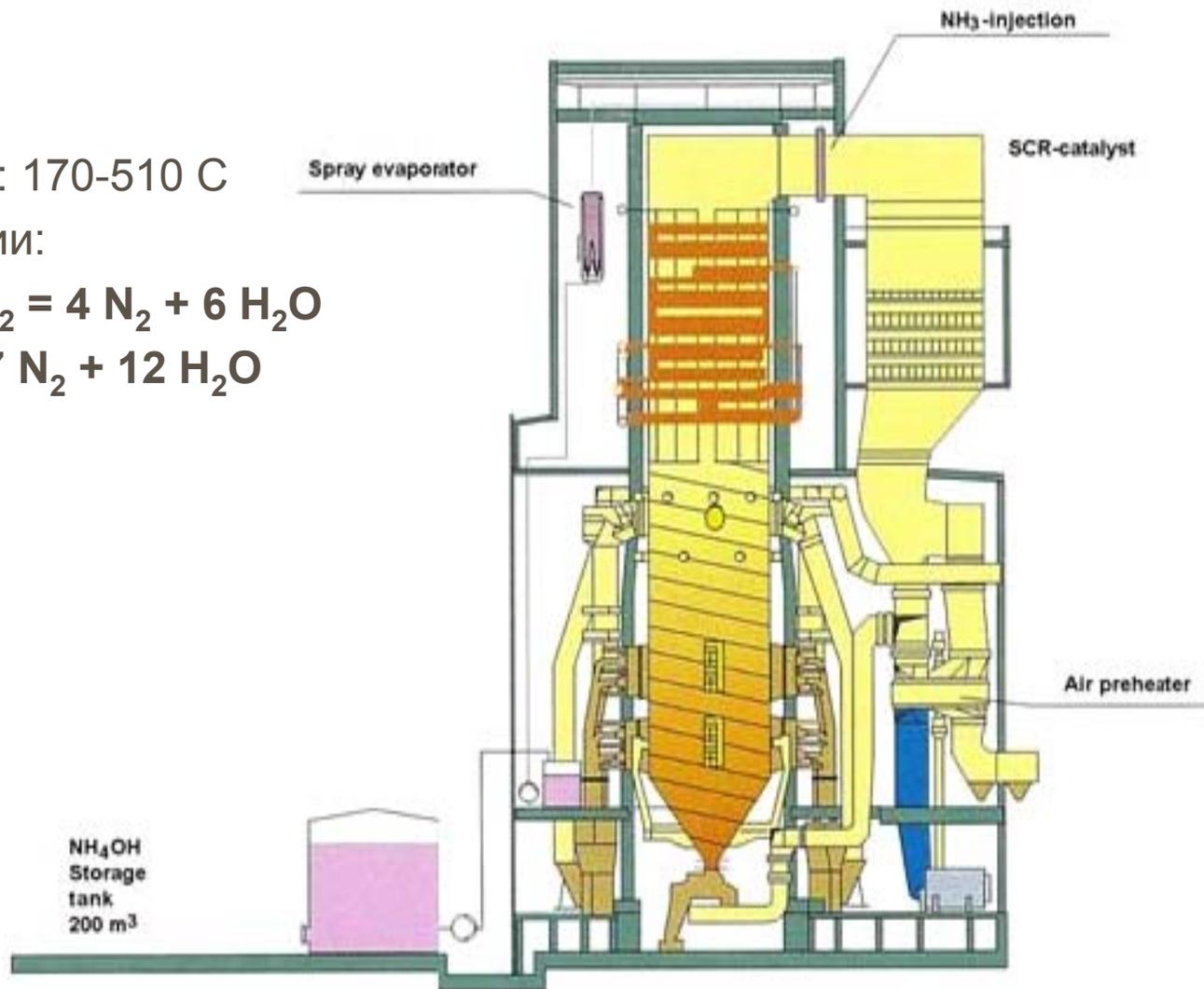
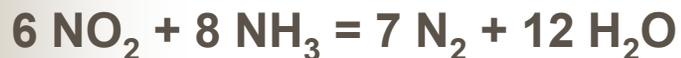


Удельная стоимость внедрения на существующих котлах – от 5 до 50 \$/кВт

# Селективное каталитическое восстановление (SCR)

Зона температур: 170-510 С

Основные реакции:

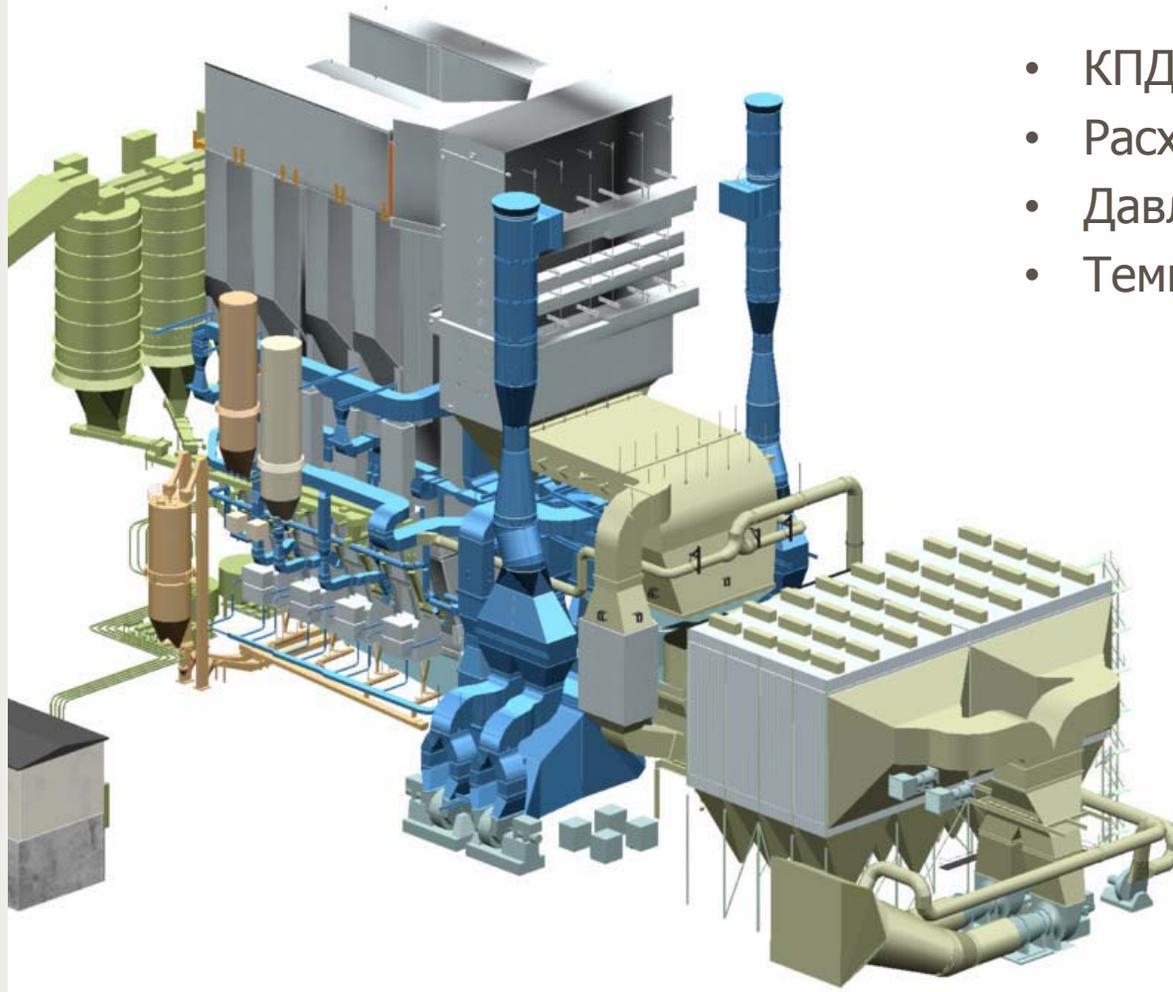




## Сжигание в циркулирующем кипящем слое

- Низкотемпературное сжигание (830-900 °С)
- Использование углей широкого диапазона качества, включая отходы углеобогащения
- Низкие выбросы загрязняющих веществ
- Работа при докритических и сверх-критических параметрах острого пара
- Пример: ТЭС Lagisza (Польша) 460 МВт, сжигание при температуре около 850 °С, топливо – смесь каменного угля зольностью до 25 % и сернистостью до 1.4 % с шламом зольностью до 60 % и сернистостью до 1.6 %

## ЦКС котел на ТЭС Lagisza (460 МВт)



- КПД – 45.3 %
- Расход пара – 361 кг/с
- Давление – 275 бар
- Температура – 560 С

Выбросы в соответствии с европейскими стандартами (директива LCP 2001/80) без использования дополнительных газоочистных установок



## Угольные технологии комбинированного цикла

- Две турбины для газо-воздушного и пароводяного рабочих циклов
- Внутрицикловая газификация
  - парокислородная с котлом-утилизатором
  - паровоздушная с котлом для дожигания коксо-зольного остатка
- Сжигание в кипящем слое под давлением