



ВТИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ
И Н С Т И Т У Т

Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени
Теплотехнический научно-исследовательский институт
(ОАО «ВТИ»)



Экологические проблемы угольных ТЭС

*Тумановский А.Г., Брагина О.Н., Зыков А.М.,
Епихин А.Н., Киселёва О.А., Чугаева А.Н.*

2018 г.



Структура генерирующих мощностей угольных ТЭС России (централизованная зона энергоснабжения) на 01.01.2016

	Твёрдое топливо	
	Установленная мощность, МВт	Количество установок
КЭС, всего	25398,7	154
ПСУ 24 МПа	11969,0	34
ПСУ 13 МПа	10435,0	57
ПСУ 9 МПа и менее	2994,7	63
ТЭЦ, всего	30289,1	585
ПСУ 24 МПа	720,0	3
ПСУ 13 МПа	19598,3	220
ПСУ 9 МПа и менее	9970,8	362



ВТИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ
И Н С Т И Т У Т

Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени
Теплотехнический научно-исследовательский институт
(ОАО «ВТИ»)



Фактические удельные выбросы золы и NOx для отдельных ТЭС с котельными установками тепловой мощностью 300 МВт и более

Марка котла	Паропроизводительность котла, т/ч	Год ввода котла в эксплуатацию	Вид угля	Удельный фактический выброс золы, мг/м ³ при н.у.	Тип золошлакоудаления	Удельный фактический выброс NOx, мг/м ³ при н.у.
Троицкая ГРЭС						
ПК-39	950	1965	Экибастузский	350–800	Твердое	800–900
П-57	1650	1974		380		900–1000
Рефтинская ГРЭС						
ПК-39-2	475	1970–1975	Экибастузский	40–1980	Твердое	900–1100
П-57-2	1650	1977–1978		45–925		
П-57-3	1650	1979–1980		550–600		
Рязанская ГРЭС						
П-59	860–990	1973–1974	Переясловский, Подмосковский	1280–1580	Твердое	190–490
Новочеркасская ГРЭС						
Пп-830 [950]/ 255ж [ТПП-110]	830–920	1965–1971	Донецкий	220–1290	Жидкое	700–1100
Приморская ГРЭС (ЛутЭК)						
БКЗ-670-140	670	1980–1984	Бикинский (1 Б)	220–410	Твердое	220–390
Березовская ГРЭС-1						
П-67	2650	1988–2015	Березовский	45–60	Твердое	340–380
Красноярская ТЭЦ-2						
БКЗ-500-140	500	1985–2002	Ирша-Бородинский	50–70	Твердое	450–460
Назаровская ГРЭС						
П-49	1600	1968–1968	Ирша-Бородинский	330–330	Жидкое	650–1230
Беловская ГРЭС						
ПК-40-1	640–670	1964–1968	Кузнецкий Д	265–385	Твердое	480–670
Новосибирская ТЭЦ-5						
ТПЕ-214	710	1985–2004	Кузнецкий Г и Д	120–860	Твердое	320–950

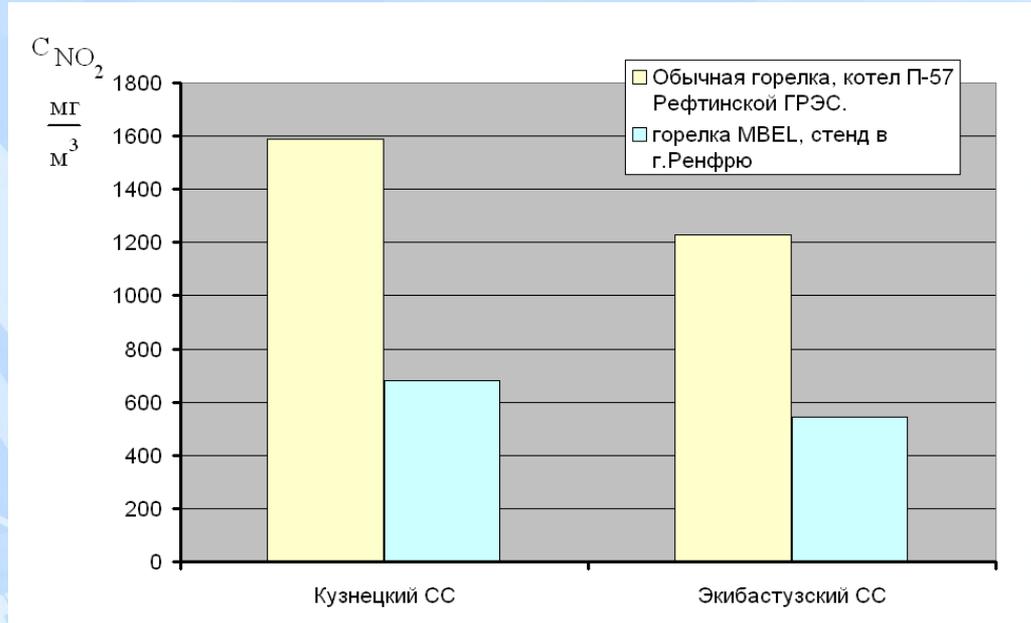


Эффективность применения наиболее распространенных технологических методов сжигания топлива для уменьшения образования NO_x

Метод	Эффективность метода, %	Примечание
Снижение общего избытка воздуха	10–15	При сжигании мазута и угля ограничивается ростом q_{4r} , а на котлах с СКД – коррозией НРЧ
Отключение части горелок	15–20	Ограничивается требуемой нагрузкой
Двухступенчатое сжигание	30–40	Кроме котлов на АШ и котлов СКД при сжигании высокосернистого топлива
Малотоксичные горелки	30–50	На углях АШ и Т эффект снижения низкий
Рециркуляция дымовых газов	15–20	Неприменима для малореакционных углей АШ и Т
Трехступенчатое сжигание с восстановлением NO_x в топке	40–60	Большая величина для метода с использованием в качестве восстановителя природного газа
Сочетание двух-трех перечисленных ранее методов	50–70	С учетом соответствующих ограничений



Малотоксичная вихревая горелка фирмы MBEL



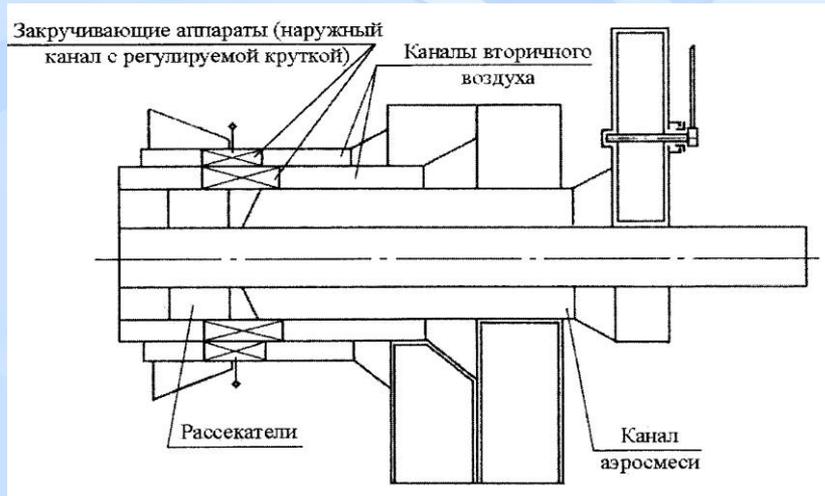
При сжигании каменных углей горелка снижает эмиссию NO_x примерно в 2 раза.

Полномасштабная горелка (- 42МВт) была проверена при участии специалистов ВТИ на огневом стенде MBEL при сжигании углей типа экибастузского и типа Кузнецкого СС. Концентрация NO_x оказалась в 2 раза ниже, чем при сжигании аналогичных углей на Рефтинской ГРЭС.



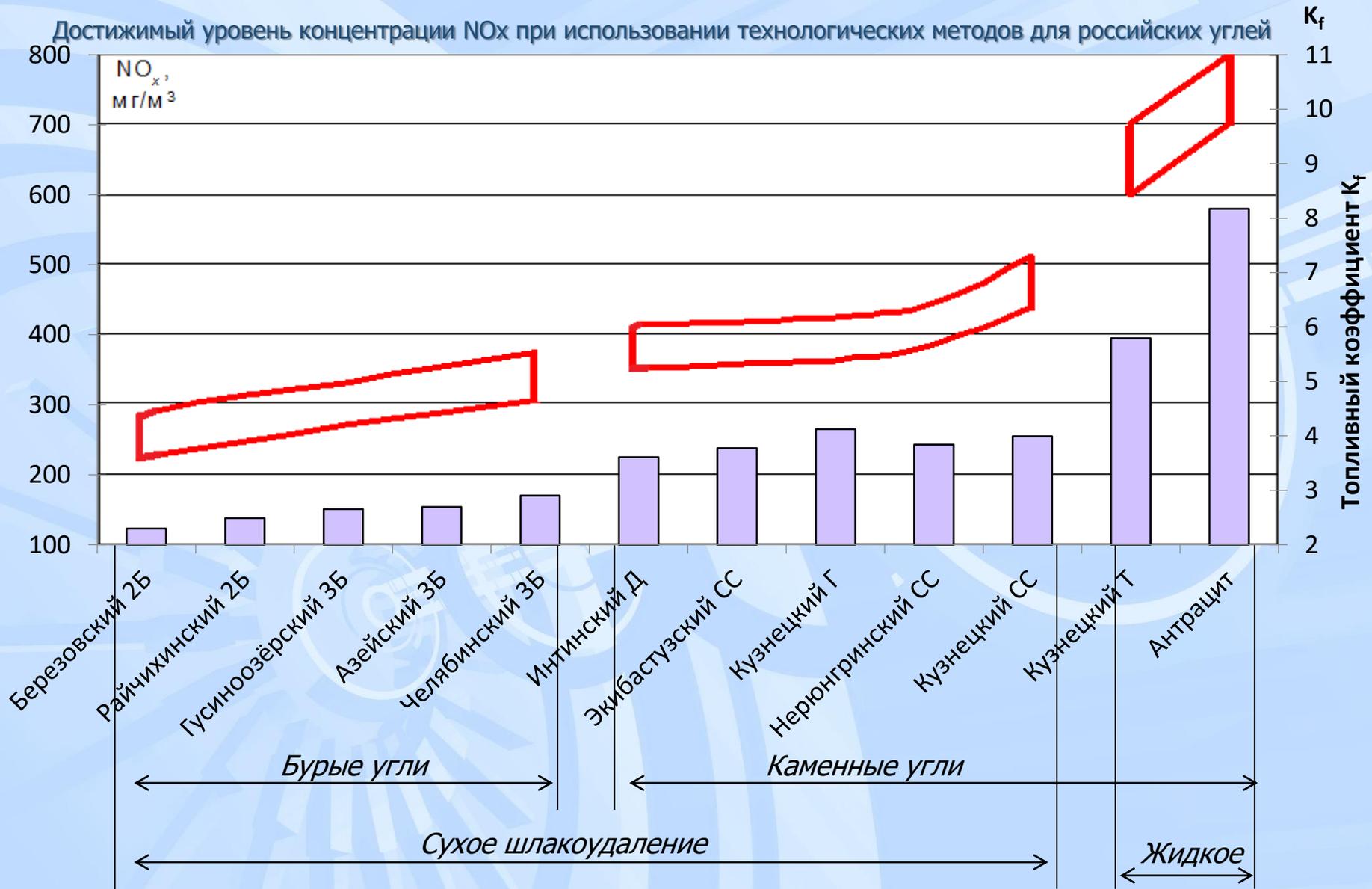
Малотоксичная горелка ВТИ-ЦНИИТМАШ

Схема горелки



Испытания на котле П-57 Троицкой ГРЭС

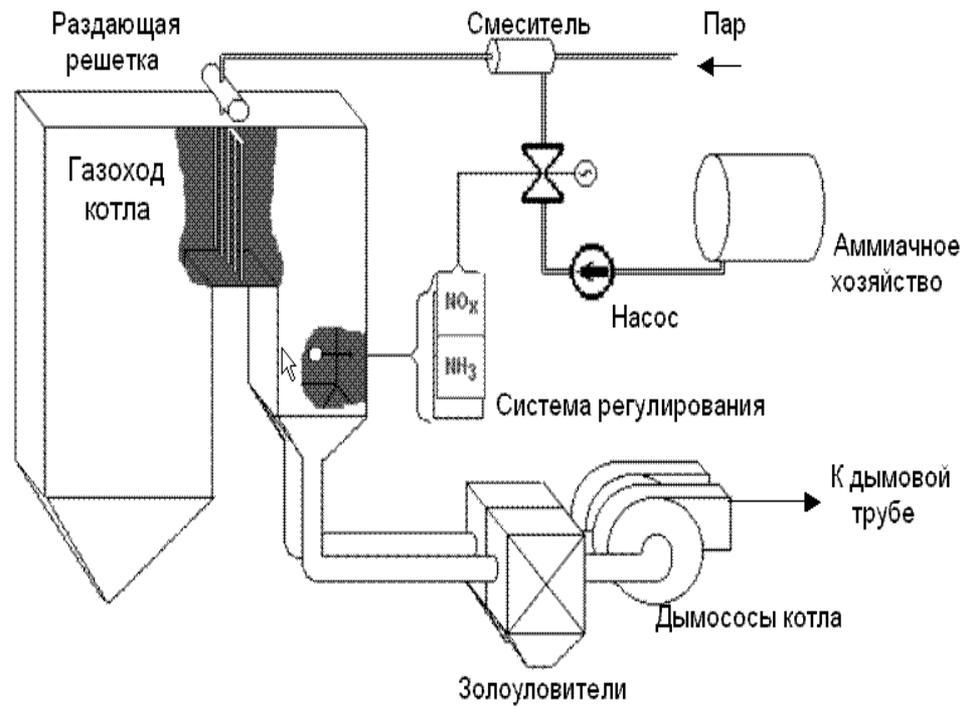
Нагрузка, МВт	Среднее значение концентрации кислорода на выходе из топки, %	Среднее значение концентрации NO _x , мг/м ³ при нормальных условиях (O ₂ = 6 %)	
		штатные горелки	новые горелки
325	4,5	1150	683
400	3,69	900	542
450	2,19	900	576





Селективно некаталитическая система восстановления NO_x

Принципиальная технологическая схема
очистки дымовых газов от оксидов азота



Содержание оксидов азота в дымовых газах котла
ТП-87 до и после ввода реагента
(проскок аммиака 10-15 мг/м³)

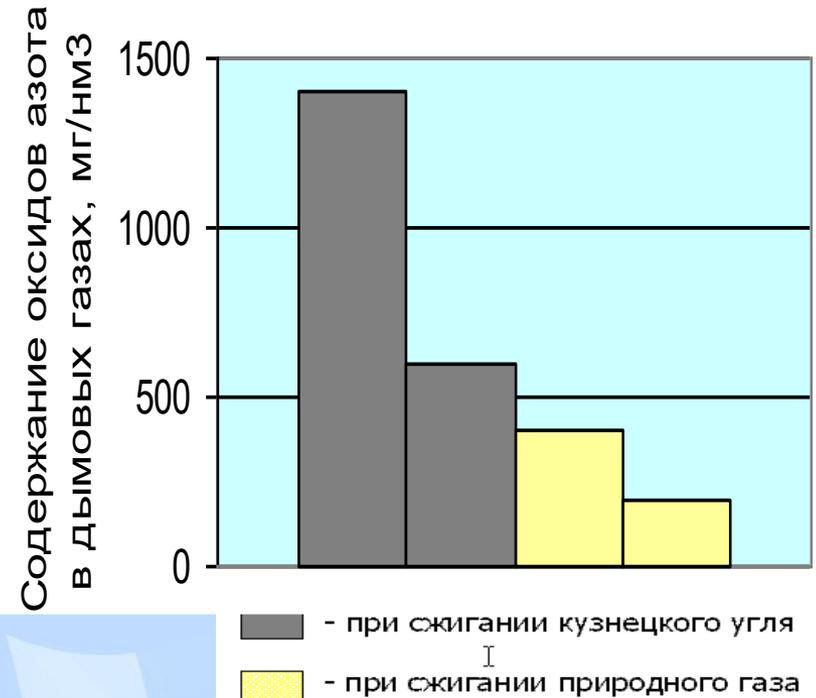
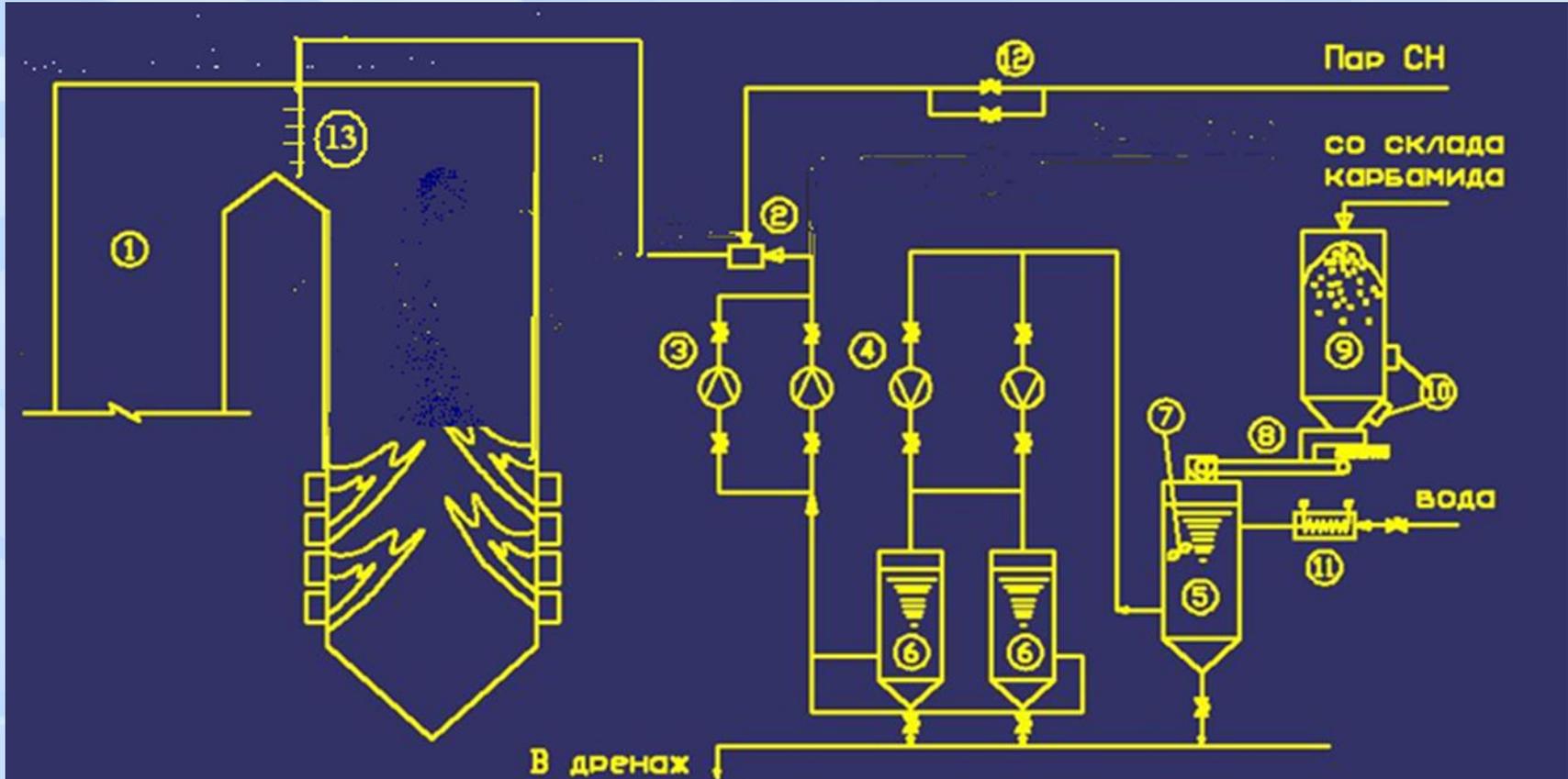


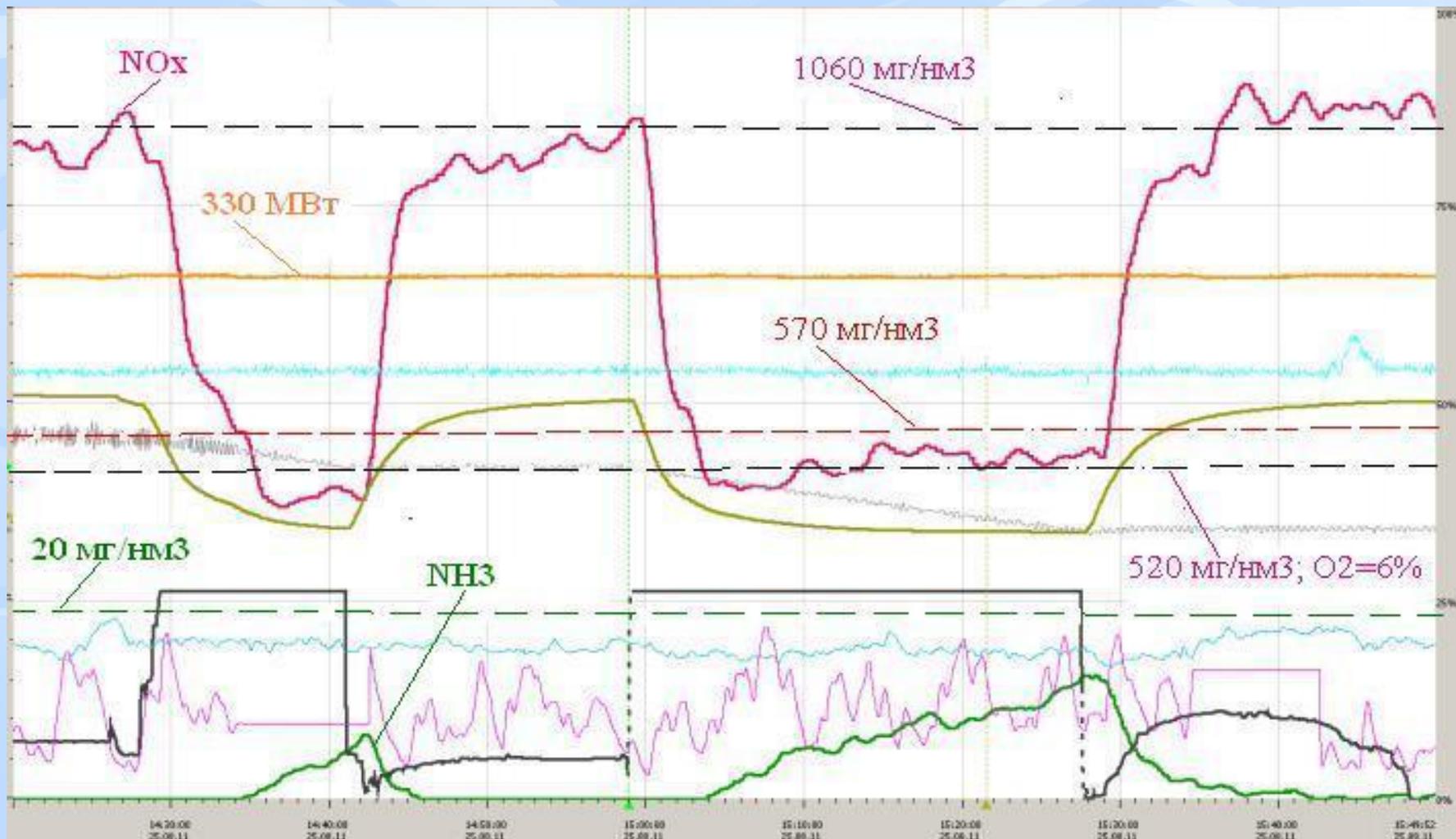
Схема подачи карбамида в топку котла П-50Р



1 - котел; 2 - гидролизер; 3,4 - насосы; 5 - растворная емкость; 6 - промежуточные емкости; 7 - мешалка; 8 - система дозирования карбамида; 9 - силос сухого карбамида; 10 - виброустройства; 11 - подогрев воды; 12 - регулирующие группы; 13 - раздаточная решетка с коллекторами

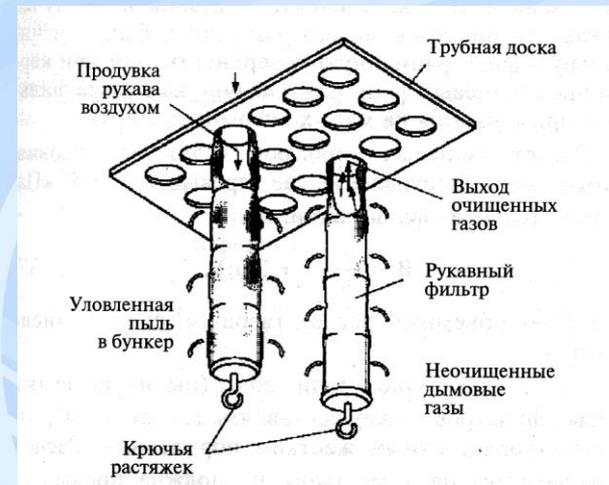
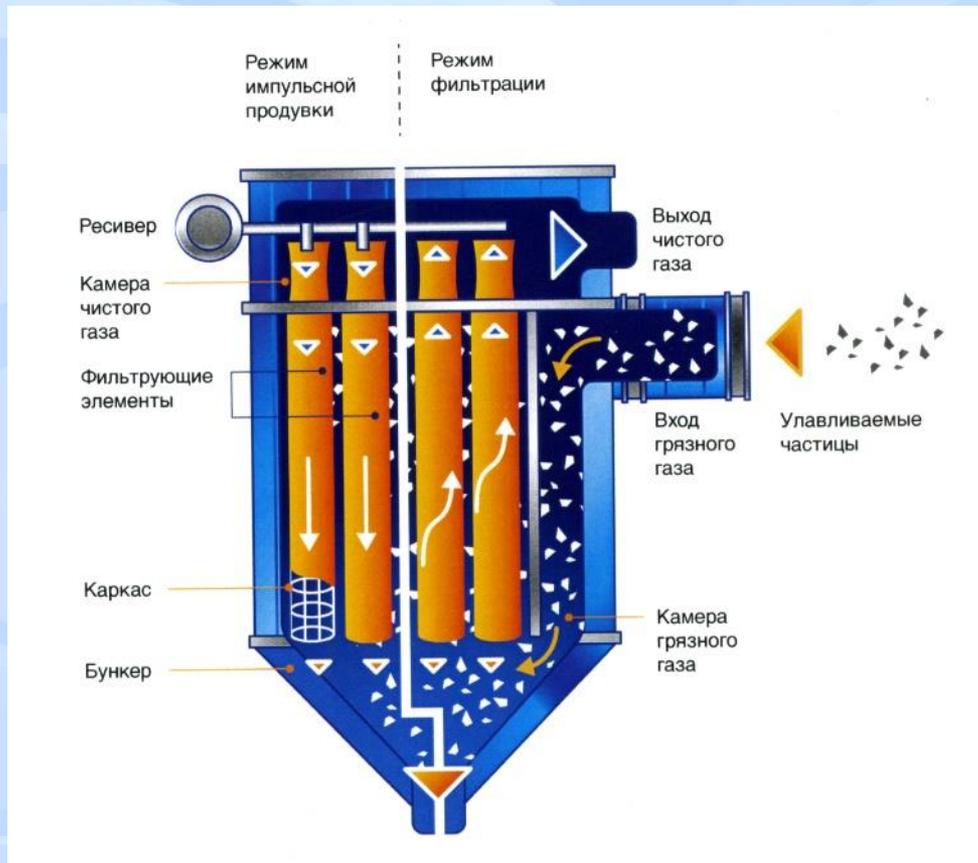


Результаты опробования установки СНКВ на блоке №л = 330 МВт Каширской ГРЭС



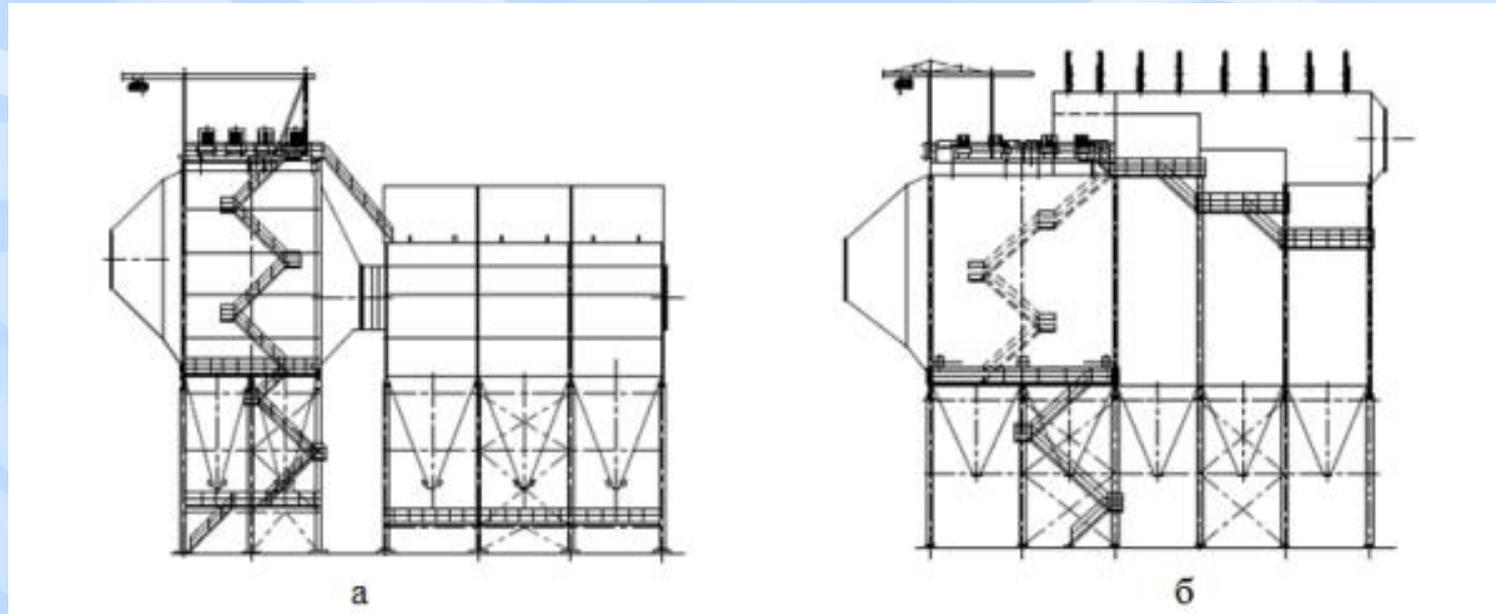


- **Модернизация электрофильтров (снижение выбросов золы в 2-3 раза)**
 - установка современных типов коронирующих и осадительных электродов;
 - применение новых приводов периодического встряхивания электродов;
 - выравнивание скоростных полей перед ЭФ;
 - применение современных систем управления агрегатами питания;
 - использование высокочастотных источников питания.
- **Для значительного повышения эффективности улавливания необходима реконструкция ЭФ: увеличение количества полей, высоты электродов.**
- **Замена старых ЭФ на новые со степенью очистки 99,5 % (ТЭЦ-22, Мосэнерго, Троицкая, Рефтинская, Каширская ГРЭС, Омская ТЭЦ-5, Хабаровская ТЭЦ-3 и др.)**

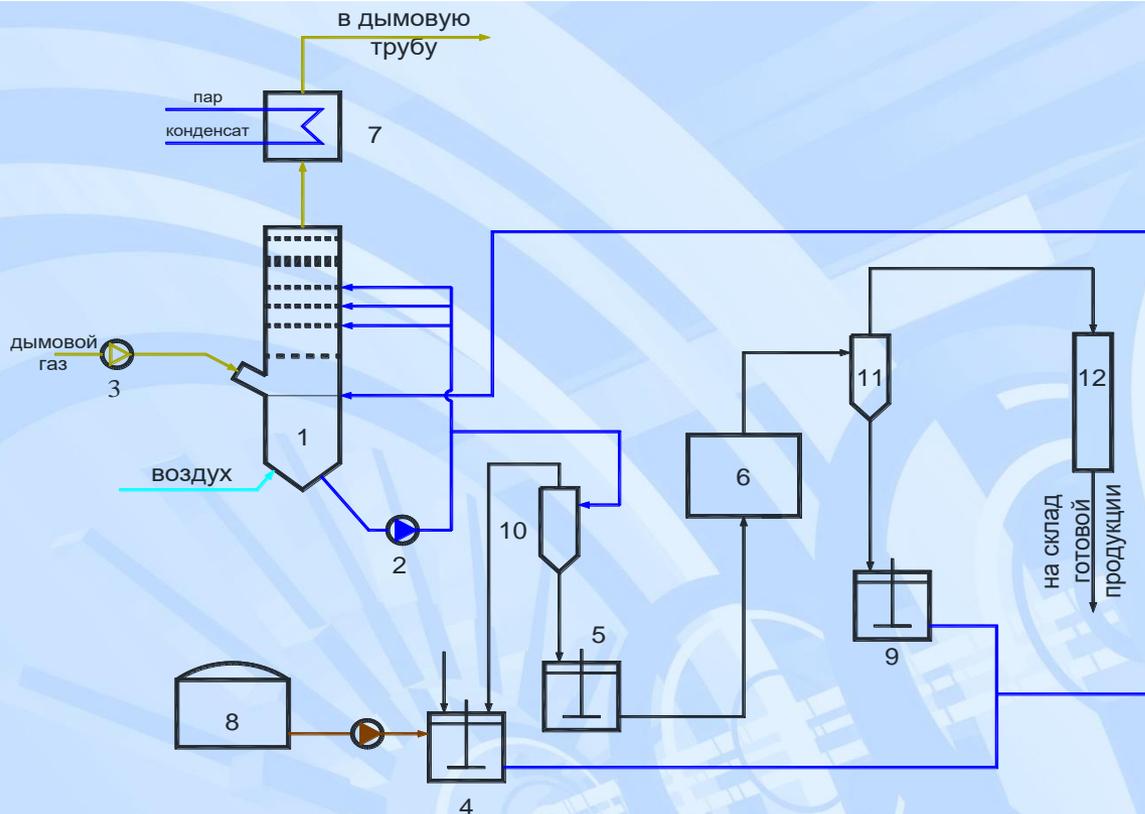


Устройство одной камеры
рукавного фильтра.

Рукавный фильтр с импульсной регенерацией.



Способы соединения ЭФ и рукавного фильтра в комбинированный аппарат:
а) - ЭФ и рукавный фильтр находятся в разных корпусах; б) – ЭФ и рукавный
фильтр объединены в одном общем корпусе.



**Принципиальная технологическая схема установки
аммиачно-сульфатной сероочистки.**

- 1 – абсорбер; 2 – циркуляционный насос; 3 – дымосос;
4 – ёмкость нейтрализатор; 5 – напорная ёмкость;
6 – выпарной аппарат; 7 – подогреватель дымового газа;
8 – склад аммиака; 9 – ёмкость для маточного раствора;
10 – гидроциклон; 11 – центрифуга; 12 – сушильный барабан.

Технологические показатели

Достижимая степень сероочистки, %	99,5 и более
Достижимая конечная концентрация SO ₂ , мг/нм ³	100 и менее
Увеличение расхода энергии на собственные нужды, %	1,4-1,5
Качество получаемого продукта сероочистки	Удобрение – сульфат аммония, ГОСТ 9097-82
Удельные капитальные вложения, \$/кВт	35-65



ВТИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ
И Н С Т И Т У Т

Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени
Теплотехнический научно-исследовательский институт
(ОАО «ВТИ»)



АЭРОЗОЛИ

Распоряжением Правительства РФ от 08.07.2015 г. № 1316р взвешенные частицы PM10 и PM2,5 вошли в список веществ, к которым применяются меры государственного регулирования в области охраны атмосферного воздуха.

В настоящее время отсутствуют штрафные санкции со стороны надзорных органов, т.к. нет соответствующего приборного обеспечения и аттестованной методики определения PM 10 и PM 2,5 в дымовых газах ТЭС.

В целях подготовки ТЭС к таким изменениям ОАО «ВТИ» на основе проведенных в последние годы исследований по определению дисперсного состава летучей золы на ряде ТЭС (Иркутскэнерго, Читаэнерго) планирует к разработке методические документы, регламентирующие порядок определения твердых частиц PM10 и PM2,5 в выбросах ТЭС и их нормирования с учетом уменьшения коэффициента оседания этих частиц в атмосферном воздухе.



РТУТЬ

В мире все большее внимание уделяется проблеме сокращения выбросов ртути и других тяжёлых металлов в атмосферу.

Установлены ограничения по содержанию ртути в уходящих газах угольных котлов:

страны ЕС – 3 мкг/м³

США – 1,5 мкг/м³

В странах, которые вносят наибольший вклад в выбросы ртути (США, страны ЕС, Китай) разработаны технологии по снижению выбросов ртути:

- добавка в уголь или дымовые газы химических реагентов для окисления молекулярной ртути;
- распыление активированного угля перед золоуловителями.

В ВТИ были проведены испытания по введению в дымовые газы активированного угля марки ОА-У (ГОСТ 4453-74) отечественного производства перед ЭФ котла, сжигающего кузнецкий уголь. Эффективность улавливания ртути не уступает зарубежным аналогам.





CO₂

Сегодня существенное снижение выбросов CO₂ в атмосферу от ТЭС, в частности угольных, достигается при комбинированной выработке электроэнергии и тепла.

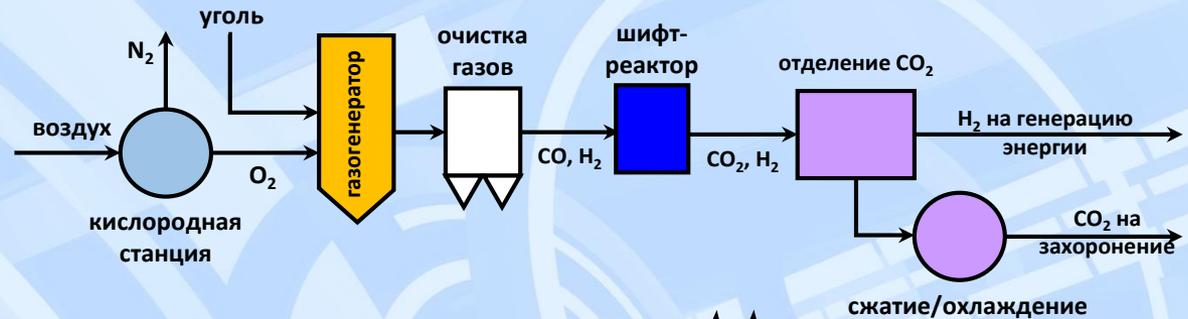
В России она получила широкое развитие и по принятым оценкам снижает потребление топлива в стране на ~ 20 млн. т.у.т. в год.

Повышение экономичности угольных энергоблоков и ТЭЦ может сократить удельные расходы топлива и выбросы CO₂ на 20 % и более.

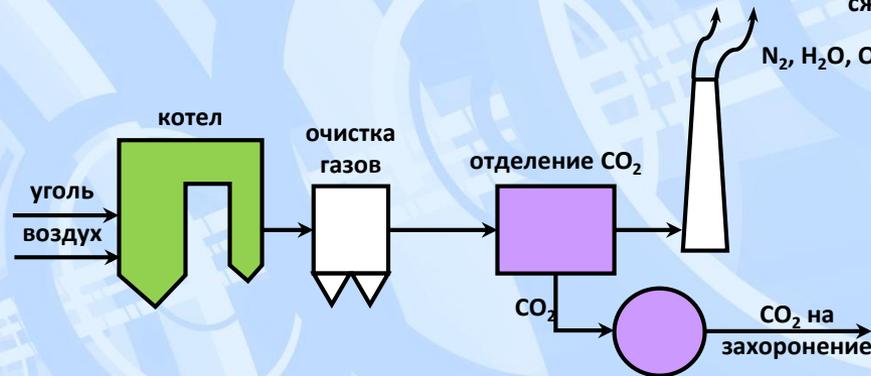


В долгосрочной перспективе для снижения выбросов может потребоваться улавливание CO_2

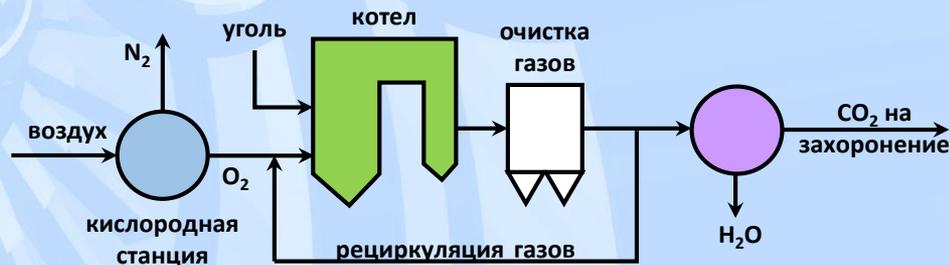
ПГУ с ВЦГ



Улавливание из дымовых газов



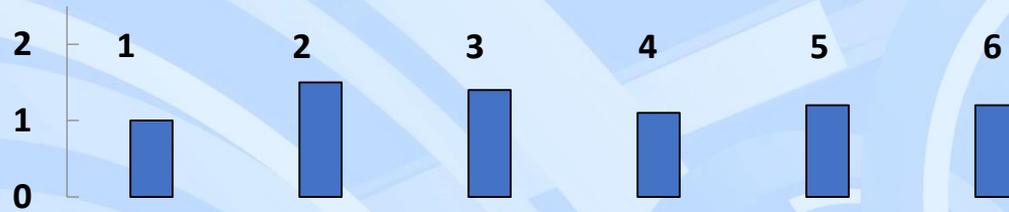
Сжигание в смеси кислорода с дымовыми газами





Сравнение различных технологий удаления CO₂

Удельный расход топлива



1 - без удаления CO₂;

2 - промывка дымовых газов от CO₂;

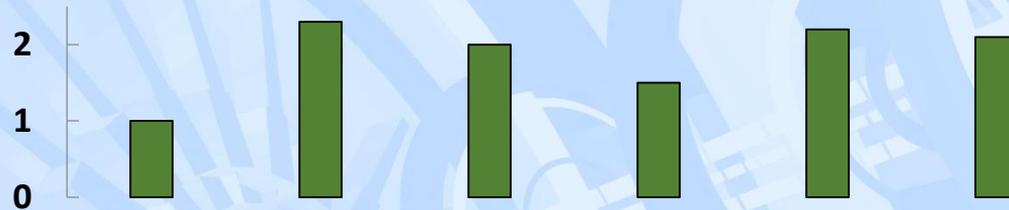
3 - сжигание угля в смеси O₂ и CO₂;

4 - без удаления CO₂;

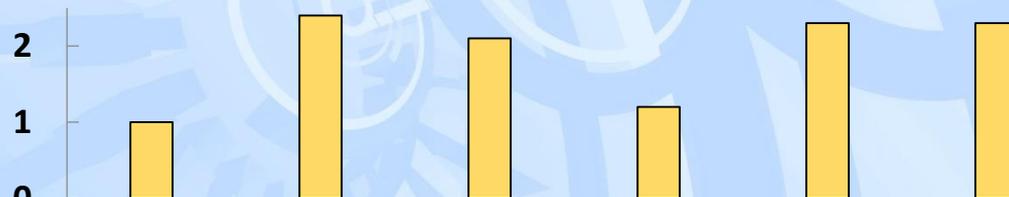
5 - сжигание угля в смеси O₂ и CO₂;

6 - сепарация CO₂ после шифт-реакции

Удельная стоимость ТЭС



Стоимость электроэнергии



Блок ССКД η=46%

ПГУ с ВЦГ η≥46%



ВТИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ
И Н С Т И Т У Т

Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени
Теплотехнический научно-исследовательский институт
(ОАО «ВТИ»)



Вредные выбросы от мощных угольных блоков

Выбросы	Размерность	Строящиеся ТЭС в России	Страна ЕС (норматив)	Лучшие достигнутые результаты	
				Torrevoldaliga Nord (Италия) Isogo (Япония) (сооружения 2000-2010)	ТЭС Waigao (Китай)
NO _x	мг/м ³ при $\alpha = 1,4$	300-570	200	80-100	30
SO ₂		700	200	70-100	60
Зольные частицы		50	30	10-20	11



Уровень удельных выбросов для перспективных технологий, разрабатываемых в рамках технологической платформы «Экологически чистая тепловая энергетика высокой эффективности»

Показатели		Угольный блок $N_{эл} = 660$ МВт на суперкритические параметры пара	Теплофикационны й блок нового поколения	ПГУ с газификацией
Электрическая мощность	МВт	660	110-120	20 -25
КПД, электрический	%	44,5-45,5	39,0-40,0	44,0
NO_x	мг/м ³	200	100-200	10-20
SO_2		200	200	5-10
Угольные частицы		30	30	5



ВЫВОДЫ

- В настоящее время угольной энергетике России, включая экологические проблемы, уделяется незаслуженно мало внимания: роль и масштаб ее в среднесрочной перспективе не определены, экономические предпосылки не сформулированы.
- Улучшение экологической ситуации требует незамедлительной разработки и внедрения новых отечественных технологий сжигания топлива, освоения промышленного производства и эксплуатации современных высокоэффективных природоохранных технологий, поскольку в настоящее время тепловую энергетику России нельзя считать экологически чистой.
- Экологический приоритет для угольных тепловых электростанций должен стать актуальной задачей, чтобы в будущем обеспечить экономические выгоды.



ВТИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ
И Н С Т И Т У Т

Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени
Теплотехнический научно-исследовательский институт
(ОАО «ВТИ»)



**Открытое акционерное общество
«Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени
Теплотехнический научно-исследовательский институт»
(ОАО «ВТИ»)**

Адрес: Российская Федерация, 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 14

Телефон: +7 (495) 234-76-30; +7 (495) 234-76-17;

Факс: + 7(495) 234-74-27; +7 (495) 679-59-24;

E-mail: vti@vti.ru

Web: VTI.ru