

Акционерное общество «Всероссийский дважды
ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический
научно-исследовательский институт» (АО «ВТИ»)



ВТИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ
И Н С Т И Т У Т

**Совместное заседание Научно-технического
совета НП «НТС ЕЭС» и Секции
Объединенного Научного совета РАН по теме:**

**«О разработке отраслевой целевой программы реконструкции и
модернизации действующих и строительстве новых ТЭС с
технологией сжигания угля в циркулирующем кипящем слое
(ЦКС)»**

**Реконструкция и модернизация действующих и
строительстве новых ТЭС с технологией сжигания
угля в циркулирующем кипящем слое (ЦКС)**

Заведующий лабораторией спецкотлов ОПТ

Рябов Г. А., д.т.н.

24.04.2025



Введение

1 Развитие технологии ЦКС в мире

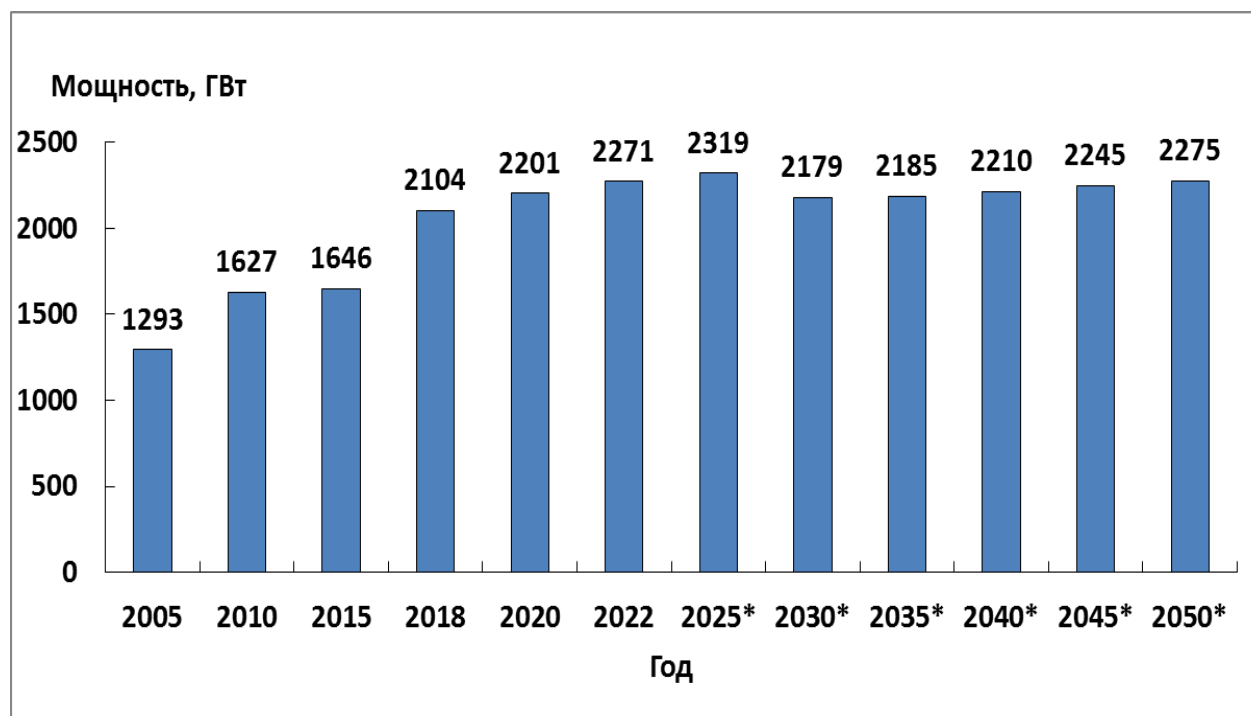
2 Российские разработки. Опыт эксплуатации котла с ЦКС блока № 9 Новочеркасской ГРЭС

3 Угольная ТЭЦ нового поколения с котлом ЦКС

4 Условия оптимального применения котлов с ЦКС в России и направления разработок для создания отечественных котлов с ЦКС

Выводы

Угольная генерация находится под огромным давлением в связи с климатическими изменениями. Вместе с тем, выработка электроэнергии из угля постоянно растет и за последние два десятилетия увеличилась на 78 %. В абсолютном значении в мире наблюдается устойчивое увеличение суммарной мощности угольных ТЭС.



Источник:

[1] Global installed coal power capacity 2050 / Statista (statista.com) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.statista.com/statistics/217256/global-installed-coal-power-generation-capacity/>



- В РФ примерно 17 % электроэнергии производят угольные ТЭС. Суммарная мощность этих электростанций находится на уровне 38 ГВт, что составляет примерно 16% от всей установленной электрической мощности РФ. В тоже время на угольных ТЭС России в основном работает низкоэффективное оборудование со сроком службы больше паркового ресурса и значительными выбросами загрязняющих веществ [2].
- Необходимость внедрения на угольных ТЭС высокоэффективного, но дорогостоящего оборудования (например, блоков ССКП) для сокращения выбросов парниковых газов не столь очевидна, как за рубежом. Для России основным является повышение эффективности работы существующих угольных ТЭС и более масштабное внедрения комбинированной выработки электроэнергии и тепла в городах, в которых в ЖКХ по-прежнему широко используют угольные котельные. Угольная генерация является мостом к декарбонизации [3].

Источники:

[2] Тугов А.Н. Вклад угольной электрогенерации в глобальные выбросы CO₂: существующее положение и современные тенденции их сокращения Теплоэнергетика 2024. № 7, с. 5-18.

[3] Рябов, Г.А. Декарбонизация при производстве электроэнергии и тепла на твердотопливных электростанциях [Текст] / Г.А. Рябов, А.Г. Тумановский, А.Н. Епихин // Теплоэнергетика. – 2023.

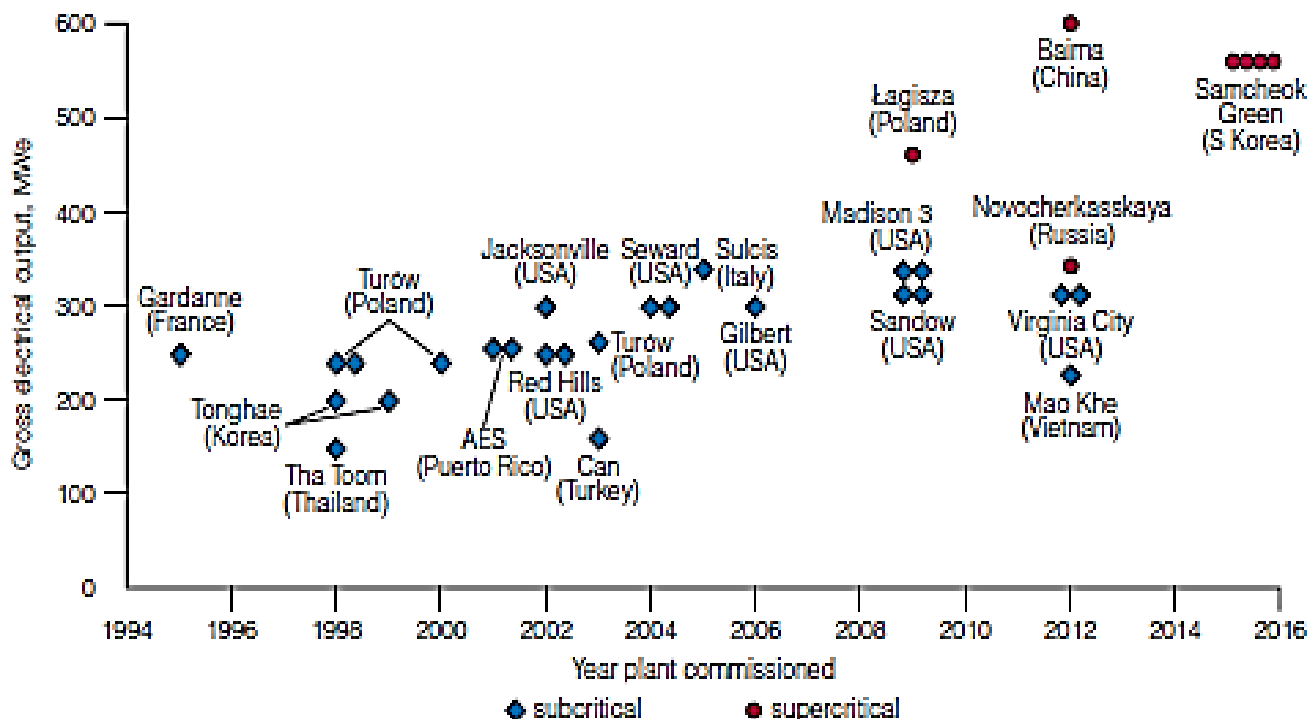


- Уже давно назрело создание и освоение угольных энергоблоков на суперкритические параметры пара (СКП), как это делается во многих странах. При этом ужесточаются требования к традиционным загрязняющим веществам.
- Развитие циркулярной экономики, вовлечение в баланс различных отходов считается важнейшей задачей.
- Особенно это касается России с большим количеством накопленных и вновь образующихся отходов добычи и переработки угля, отходов лесного и агропромышленного комплексов.
- В этом плане технология сжигания твердых топлив в циркулирующем кипящем слое (ЦКС) становится все более привлекательной благодаря возможности сжигания широкой гаммы топлив, включая различные отходы с низкими выбросами загрязнителей без установок азота и сероочистки очистки.



1 Развитие технологии ЦКС в мире

Первый энергетический котел с ЦКС пущен в Финляндии в 1979 г. В настоящее время технология сжигания и газификации топлива в циркулирующем кипящем слое (ЦКС) является общепризнанной промышленной технологией, реализованной на тысячах объектов.



Сооружение крупных блоков с котлами ЦКС [4]

Источник:

[4] Latest Development of Circulating Fluidized Bed Combustion Technology in China, Juifu Lyu, Guangxi Yue, Plenary Lecture on FBC-25, Nanjing, China, April 2025



1 Развитие технологии ЦКС в мире

В настоящее время в Китае эксплуатируется более 3500 котлов с кипящим и циркулирующим кипящим слоем, что превышает долю 80 % от общего количества этих котлов в мире.

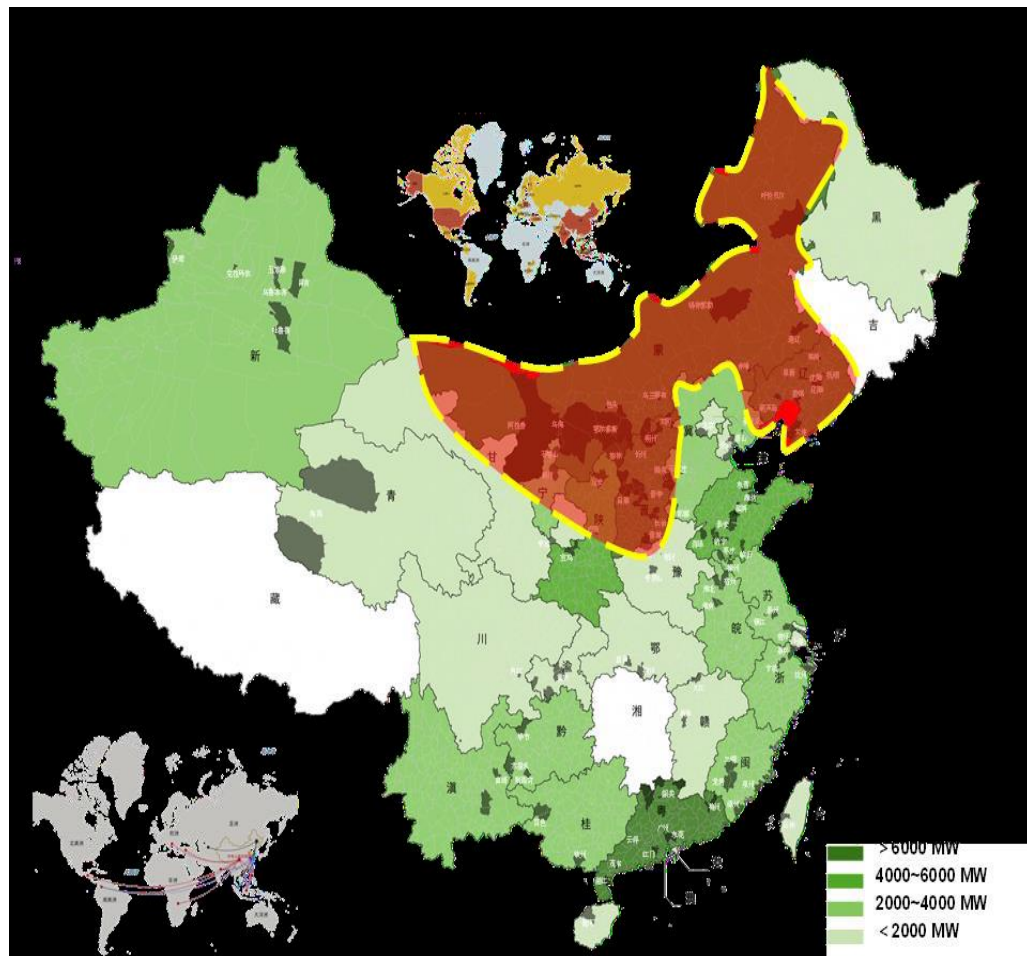
Энергетические установки включают:

- более 400 энергоблоков электрической мощностью 100–135 МВт (паропроизводительность 400–460 т/ч),
- более 50 блоков мощностью 300–350 МВт на суперкритические параметры пара (паропроизводительность около 1100 т/ч)
- три энергоблока с мощностью 600–660 МВт (паропроизводительность 1900–2000 т/ч).

Общая мощность составляет более 100 000 МВт, что позволяет производить около 10 % всей электроэнергии в Китае.

Источник:

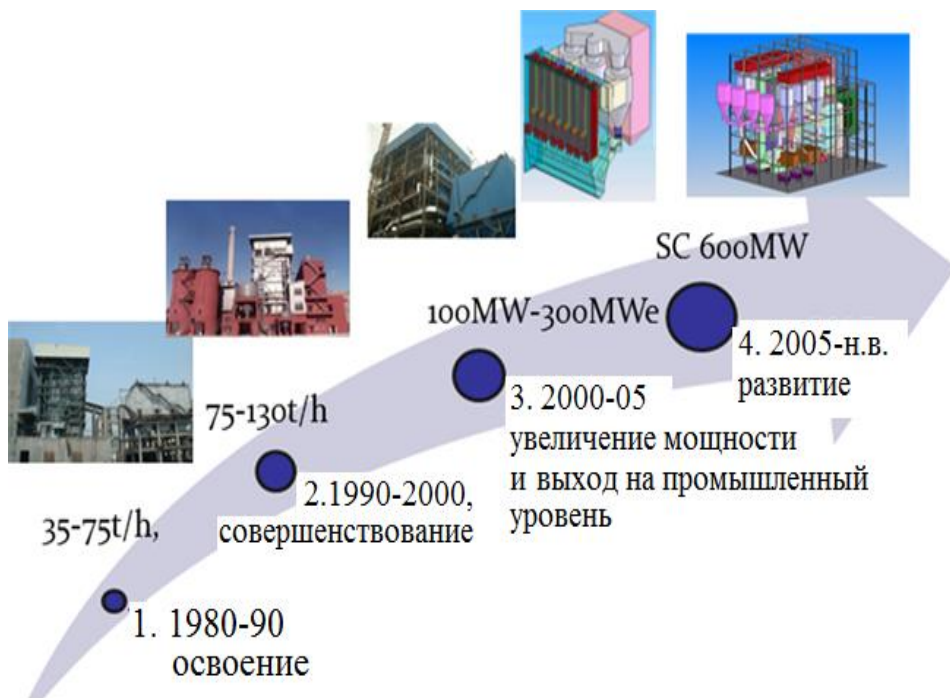
[4] Latest Development of Circulating Fluidized Bed Combustion Technology in China, Juifu Lyu, Guangxi Yue, Plenary Lecture on FBC-25, Nanjing, China, April 2025





1 Развитие технологии ЦКС в мире

Стремительное развитие технологии ЦКС в Китае стало возможным благодаря инвестиционным и исследовательским программам центрального правительства Китая. Отдельным пунктом комитет утвердил проект разработки и создания демонстрационной установки мощностью 600 МВт, с котлом ЦКС, получившим дополнительное финансирование в 100 миллионов юаней.



Параметр	Блок в Фуджияне	Блок в Баолихуа
Давление в воздушной камере, кПа	10	15
Затраты на работу PDF, %	0,827	1,221
Затраты на работу SDF, %	0,724	0,948
Затраты на собственные нужды, %	4,5	6,8
КПД котла, %	89,3	89,5



1 Развитие технологии ЦКС в мире

Недавно был введён в эксплуатацию прямоточный котёл с ЦКС с суперкритическими параметрами пара для блока мощностью 660 МВт на электростанции Пиншо в провинции Шаньси.

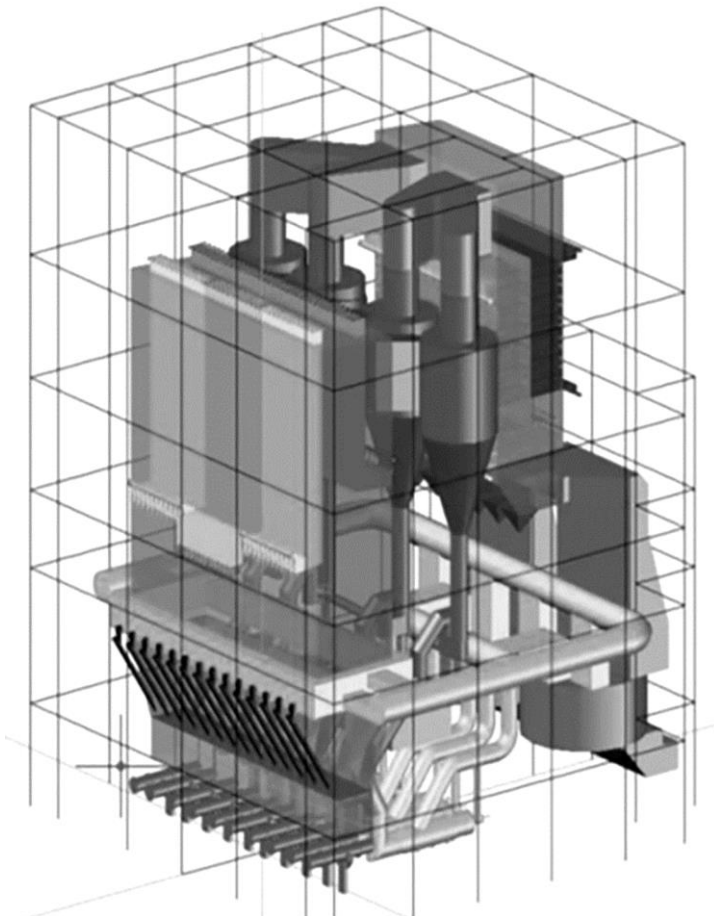


Схема котла с ЦКС для энергоблока мощностью 660 МВт [5]

Котёл разработан компанией Dongfang Boiler Group Co., Ltd., дочерней компанией Dongfang Electric Corporation (DEC).

Расход свежего пара – 2162 т/ч.

Параметры пара:

давление – 29,4 МПа;

температура – 605/623 °С.

Достигнутые при первоначальной эксплуатации значения концентрации пыли в уходящих газах – менее 10 мг/м³, диоксида серы – около 20 мг/м³, оксидов азота – около 30 мг/м³.

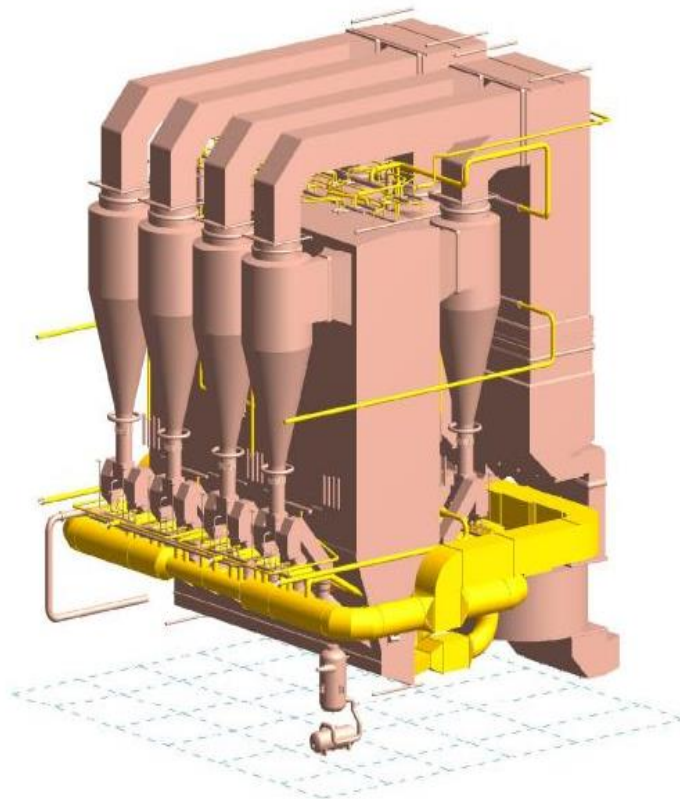
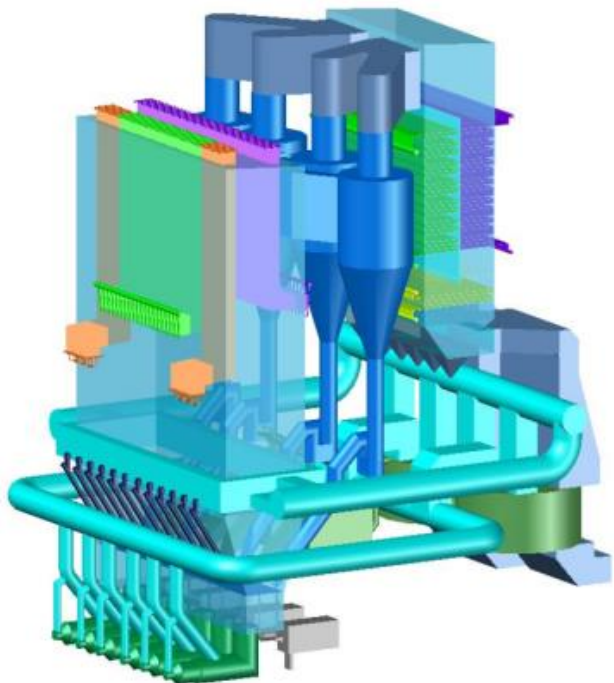
Источник:

[5] Zheng W. The design of four cyclones in the 660 MW high efficiency ultra-supercritical / W. Zheng, M. Zhang, J. Lyu et al. // Proc. of the 23rd Intern. Conf. on FBC. Seoul, Korea, May 13–17, 2018. P. 128–134.



1 Развитие технологии ЦКС в мире

В стадии проектирования находится котел для блока 700 МВт с параметрами пара 32,5 МПа/605/623/623 °С (прирост КПД еще на 2 % по сравнению с блоком 660 МВт).



**Варианты проектов котлов с ЦКС для блоков 700 МВт
с двойным промежуточным перегревом пара**

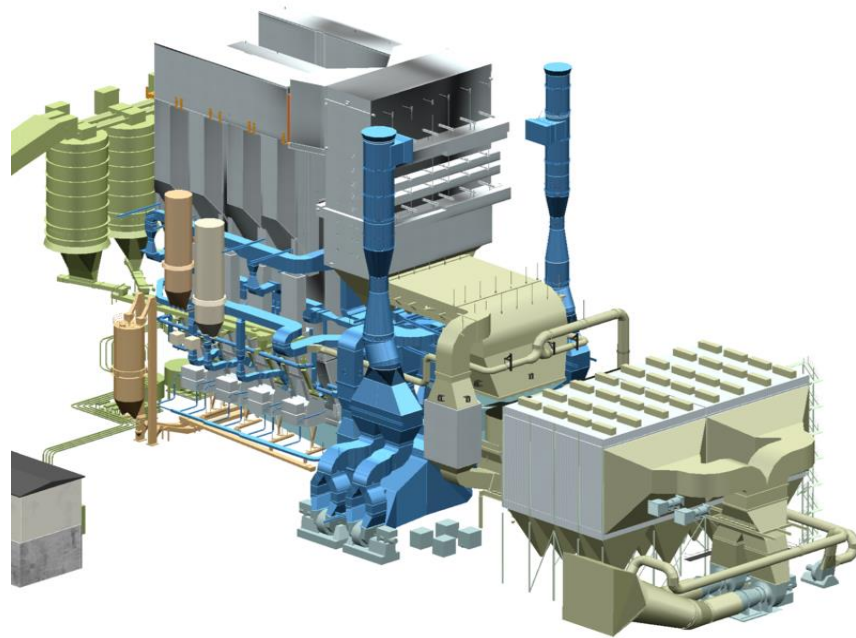


1 Развитие технологии ЦКС в мире

Крайне важным в современных условиях является способность блоков быстро изменять нагрузку и обеспечивать поддержание режима при минимальных нагрузках. Это особенно важно с учетом существенного роста возобновляемых источников энергии. Типичной скоростью роста или снижения нагрузки для блоков с котлами ЦКС является 2–5 % в первые 30 секунд и 2,5–4 % в минуту для вторичного регулирования в зависимости от вида топлива. Большинство блоков с котлами ЦКС имеют минимальную нагрузку 30 %.

ТЭС Логижа в Польше участвует в регулировании частоты и должна изменять нагрузку со скоростью ± 5 % немедленно после изменения частоты (первичное регулирование). При этом 50 % изменения должны происходить за первые 15 секунд и 100 % за 30 секунд с момента возмущения по частоте. ТЭС должна быть готова через 15 минут к подобным изменениям нагрузки (вторичное регулирование).

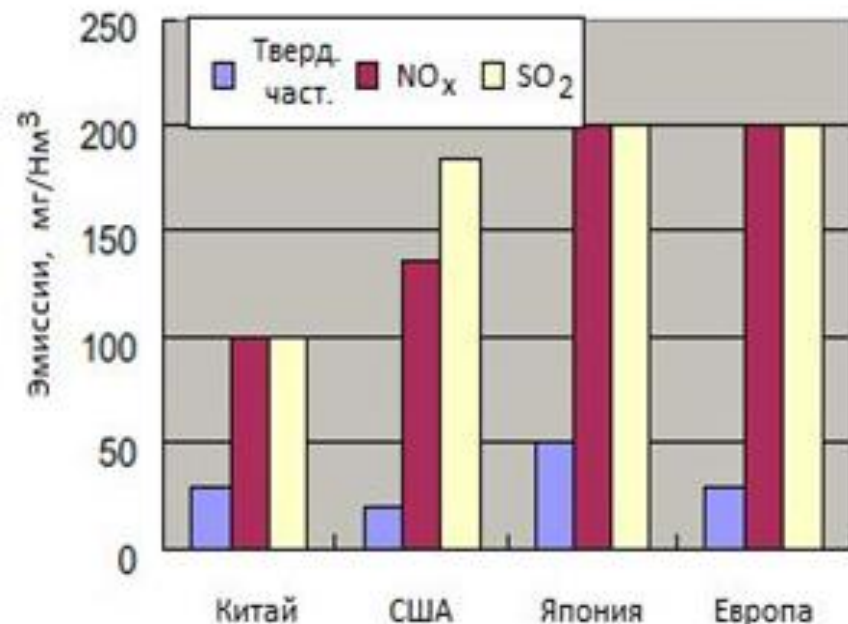
Вид котельной установки с ЦКС
блока 460 МВт, Логижа, Польша





1 Развитие технологии ЦКС в мире

Типичными для котлов с ЦКС при сжигании каменных углей и антрацитов являются концентрации NO_x , равные 100–200 мг/м³ при нормальных условиях и содержании кислорода в уходящих газах $\text{C}_{\text{O}_2} = 6\%$. Для топлив с очень большим выходом летучих возможно увеличение концентрации NO_x до 250 мг/м³.



Сравнение норм на выбросы

Для некоторых регионов Китая с 2015 г. введено следующее требование – при строительстве новых электростанций выбросы вредных веществ от угольных котлов должны находиться на уровне установок со сжиганием природного газа.

Выбросы должны составлять не более, мг/м³:

оксиды азота 50,

оксиды серы 35,

твердые частицы 5.

Такие решения уже были реализованы [6].

Источник:

[6] Цзянь Гао, Суэ Ин Чжан. Применение передовых технологий газоочистки, отвечающих экологическим требованиям Китая с ультранизкими выбросами вредных веществ // Сб. докл. III Междунар. конф. “Использование твердых топлив для эффективного и экологически чистого производства электроэнергии и тепла”. М.: ОАО ВТИ, 28–29 июня 2016 г.



1 Развитие технологии ЦКС в мире

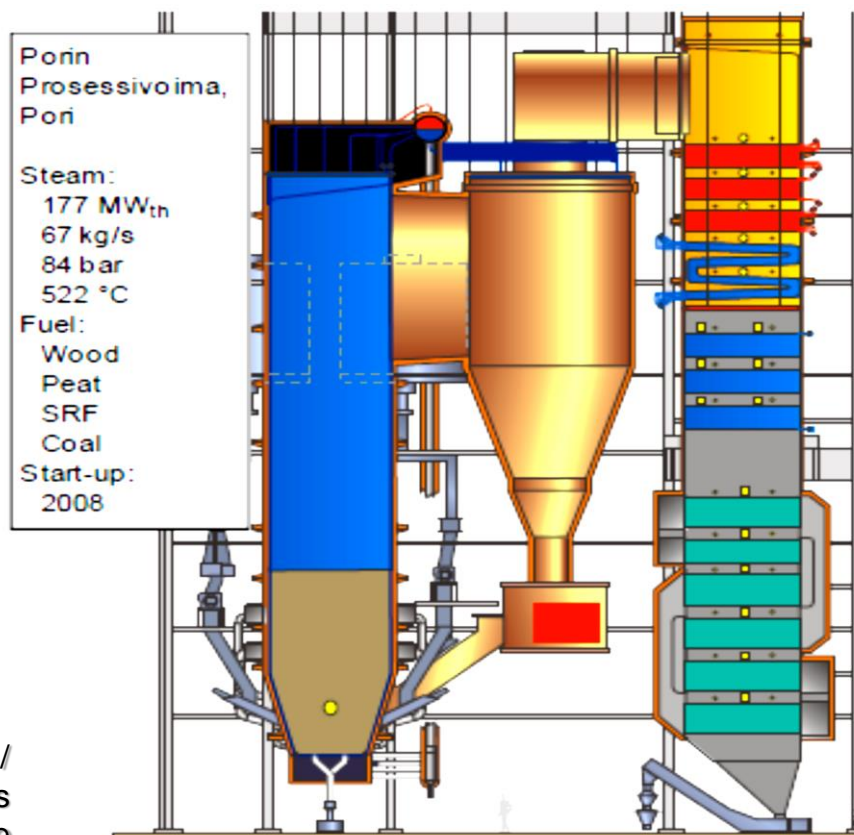
Помимо повышения мощности котлов с ЦКС и параметров пара важным является способность котлов с ЦКС эффективно сжигать широкую гамму топлив, включая различные виды биомассы и отходов. Важным является технология совместного сжигания местных топлив и угля.

Совместное сжигание биомассы на крупной современной угольной электростанции может обеспечить более высокий КПД, чем специализированная электростанция, работающая на 100 % биомассе, которая почти всегда меньше по мощности. Дополнительные инвестиции в совместное сжигание значительно ниже, чем в отдельное строительство ТЭС на биомассе.

Источник:

[7] Luomaharju, T. CFB boiler designs for demanding fuels [Text] / T. Luomaharju, P. Lehtonen, K. Jalkanen, P. Köykkä // Proceedings of 21st international conference on fluidized bed combustion, June 3-6, 2013, Naples, Italy. – 2013.

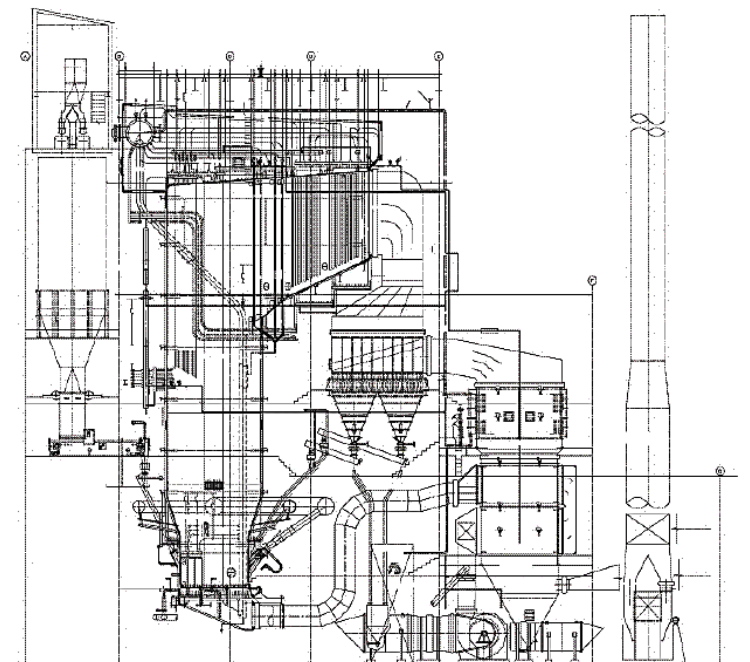
**Мультитопливный котёл ЦКС СУМИС
мощностью 177 МВт, Пори, Финляндия [7]**



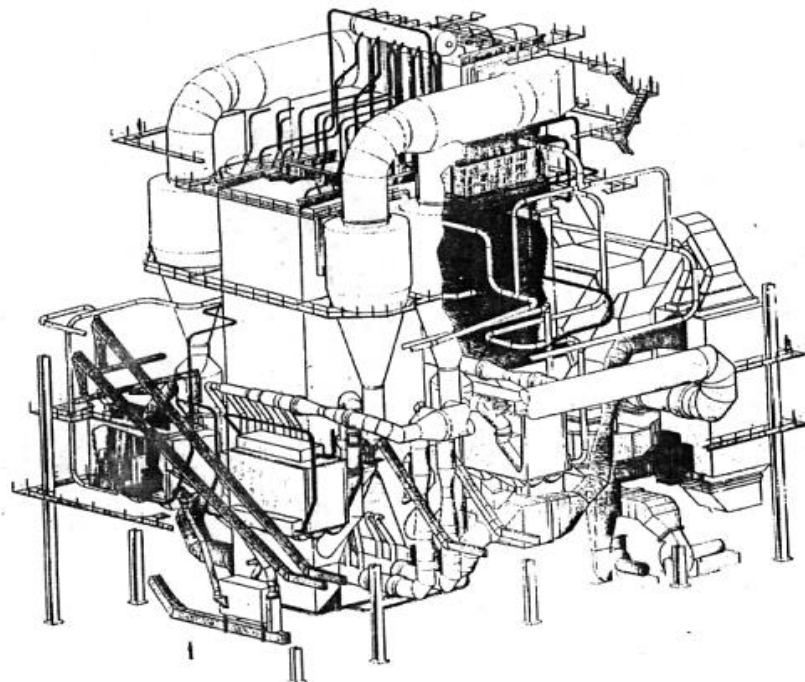


1 Развитие технологии ЦКС в мире

В России имеется значительный энергетический потенциал неиспользуемых в настоящее время отходов производств. Это, прежде всего отходы углеобогащения (шламы, отвалы, терриконы), которые не только занимают значительные полезные площади, но и наносят вред окружающей среде. Их сжигание в традиционных котлах затруднено по причине высокой зольности, повышенного содержания серы и в ряде случаев низкого выхода летучих (отходы обогащения антрацита и тощих углей).



**Вид котла с ЦКС блока 50 МВт
на ТЭС Эбенсберг (США)**

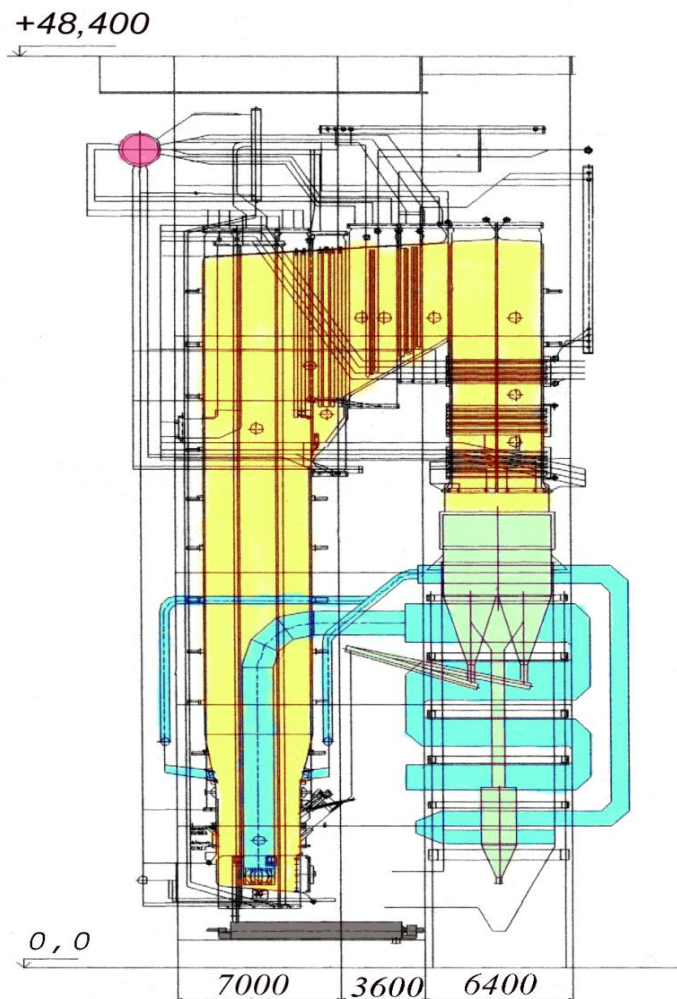


**Вид котла с ЦКС блока 250 МВт
на ТЭС Гардане (Франция)**



В связи с программой «Экологически чистая ТЭС» в 90-х годах прошлого века были сделаны значительные исследования и разработаны эскизные проекты котлов с ЦКС различной мощности.

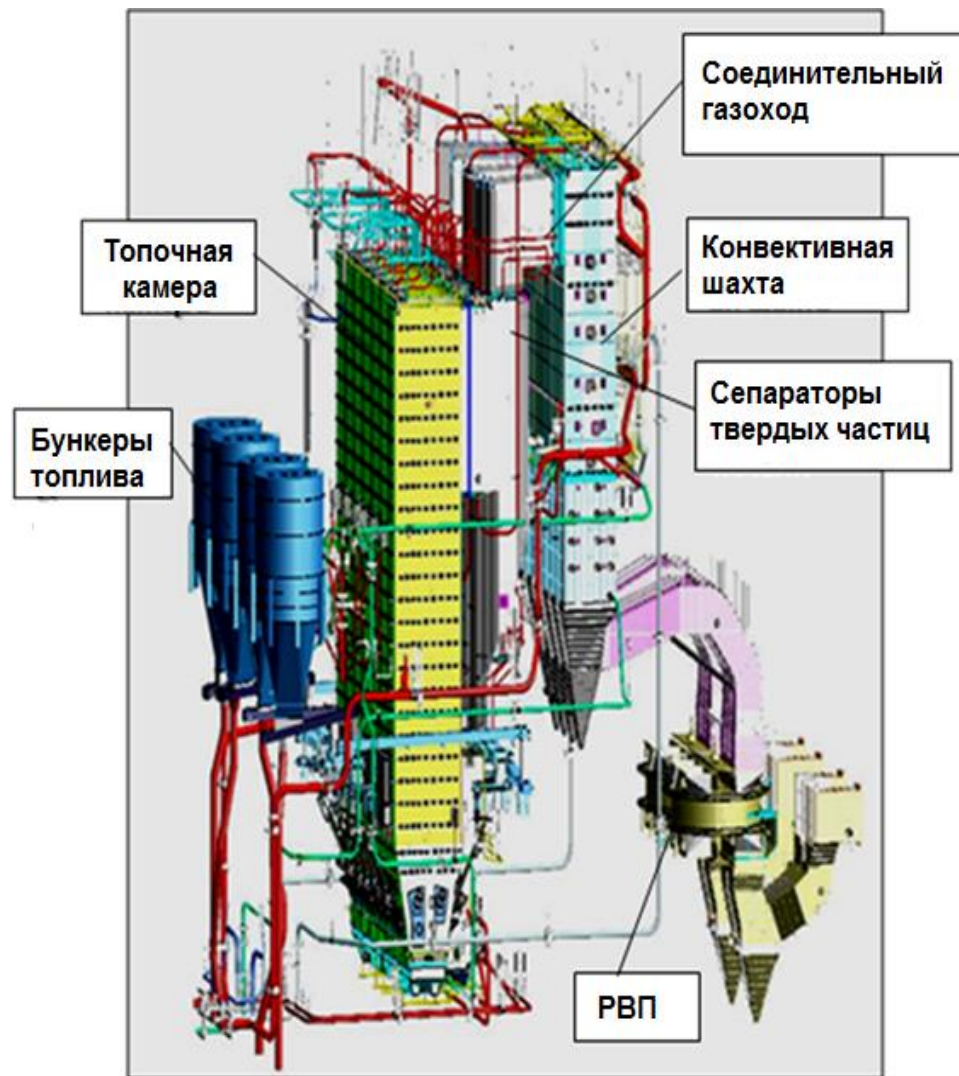
ОАО «Белэнергомаш» в 1995 приобрел лицензию компании «Бабкок-Вилькокс» (США) на разработку, изготовление и поставку котлов с ЦКС. Первоочередным объектом в соответствии с рядом решений Правления РАО «ЕЭС России» являлась Несветай ГРЭС. Котел должен был стать прототипом для технического перевооружения многочисленных электростанций России (в то время это 40 электростанций, более 140 котлов), сжигающих твердые топлива с повышенным содержанием серы, низкорекреационные, высокозольные и высоковлажные топлива. Однако, этот проект не был реализован, так же, как и проекты сооружения Новоростовской ТЭС с блоками 300 МВт и котлами с ЦКС.



Котел с ЦКС Несветай ГРЭС



Первый в России котел с ЦКС был сооружен на блоке № 9 Новочеркасской ГРЭС. Поставку котла осуществил ОАО «ЭМальянс» при инжиниринге и большой долей поставки критических элементов компанией «Сумитомо-Фостер-Уиллер». Топливом для котла служит антрацитовый штыб (АШ) с переменной зольностью и крайне низким выходом летучих. Диапазон теплоты сгорания составляет 4500–5500 ккал/кг при изменении зольности в пределах 20–35 % и влажности 6–12 %. Номинальный расход пара – 1000 т/ч, давление острого пара 24,5 МПа, температура 565/565 °С.

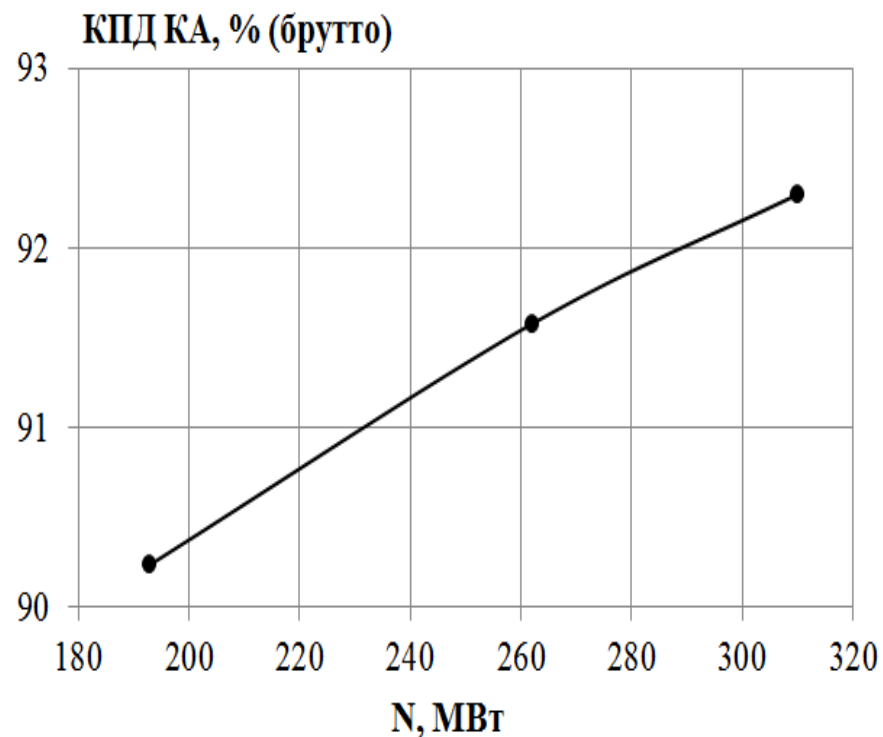


Конструкция котла блока № 9
Новочеркасской ГРЭС мощностью 330 МВт



Фактический КПД котла был выше гарантийного и составил 92,65 %. Обеспечены гарантийные значения выбросов оксидов азота, как правило, они составляют около 200–250 мг/м³ при нормальных условиях и содержании кислорода в уходящих газах 6 %. Выбросы СО в основном близки к нулю.

На рисунке приведено изменение КПД брутто котла от нагрузки. Высокие значения КПД во многом связаны с низким механическим недожогом, который увеличивается при снижении температуры в топке.

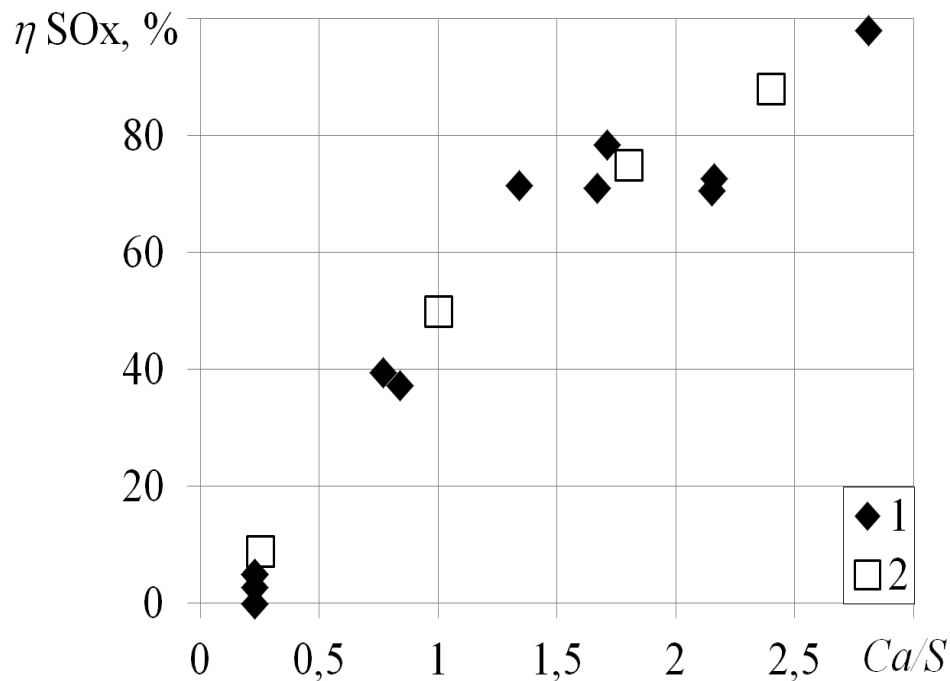


**КПД котельного агрегата брутто
в зависимости от мощности**



При подаче известняка в топку выбросы SO_2 снижались в более чем 10 раз. Были выполнены оценки эффективности улавливания оксидов серы, в которых принимались усредненные составы топлива, включая содержание серы на рабочую массу. Определялись расчетные значения необходимого для полного сгорания расходов воздуха и расходов газов при измеренном содержании кислорода. Рассчитывалось мольное отношение Ca/S с учетом содержания $CaCO_3$ в известняке.

На рисунке приведена зависимость степени связывания серы от мольного отношения Ca/S .

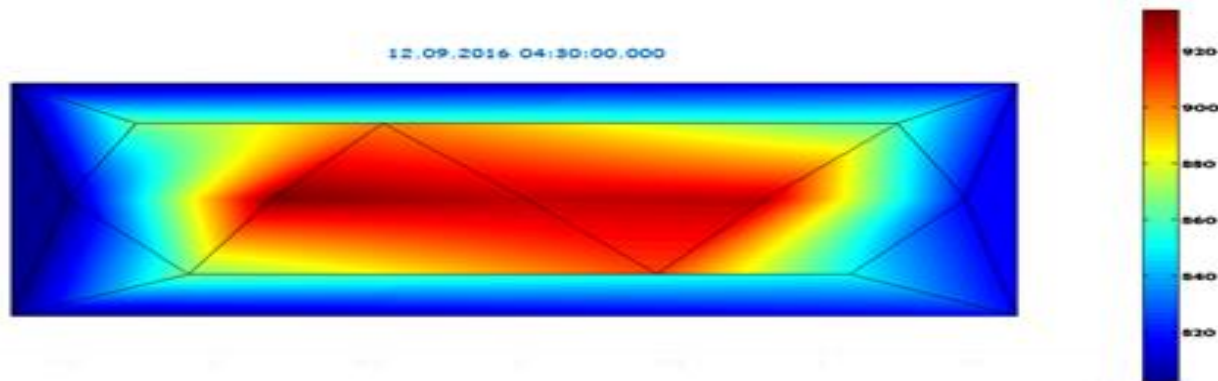


**Степень связывания оксидов серы
в зависимости от соотношения
 Ca/S**



В январе 2023 года блок прошел испытания для подтверждения мощности вблизи 320 МВт. Вместе с тем, поддержание номинальной нагрузки блока с котлом ЦКС в настоящее время сопряжено с рядом трудностей.

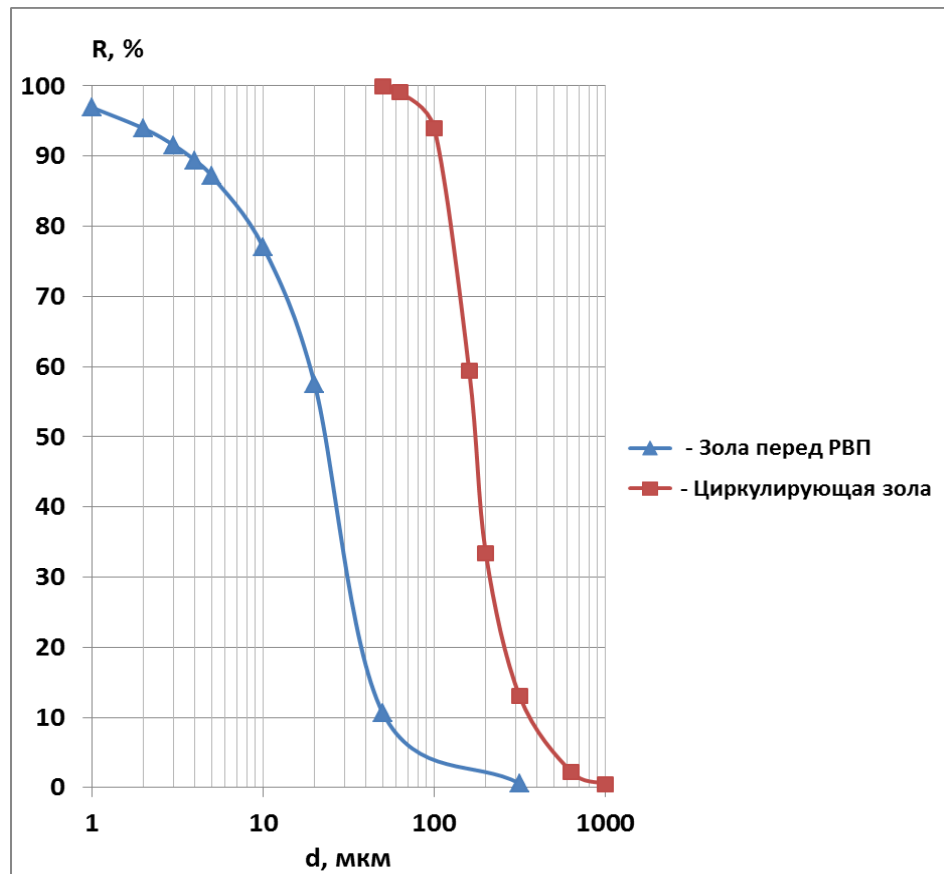
Основной проблемой является повышенная температура слоя и температура в сепараторах золы, а также большая разверка температур слоя. В основном борьба со снижением температурной разверки в слое велась путем соответствующего перераспределения расходов топлива по линиям его подачи. Разверка также снижалась при соответствующей наладке режимов ожигения в теплообменниках INTREX и системы возврата материала в целом.





Был проведен тщательный отбор и анализ гранулометрического состава мелкой летучей и циркулирующей золы с помощью прибора Fritsch Particle Sizer. Летучая зола отбиралась в газоходе перед РВП специальным пробоотборником с отсосом газов. Циркулирующая зола отбиралась лотком в канале перед настенным уплотнением.

На рисунке приведены данные по гранулометрическому составу (в виде аналогов остаток на ситах) летучей и циркулирующей золы.

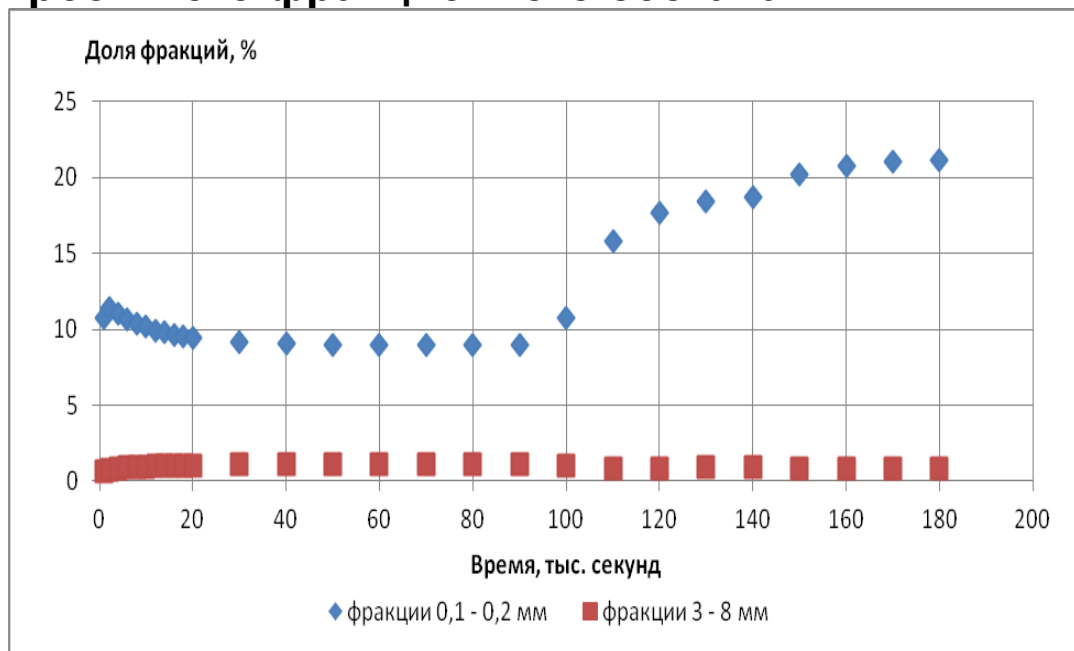


Гранулометрический состав (в виде аналогов остаток на ситах) летучей и циркулирующей золы



Выполненные расчеты четко показали, что для увеличения доли циркулирующих частиц необходимо работать с добавкой известняка (расход порядка 10 т/ч), что приведет к росту количества частиц с размерами 0,1–0,3 мм почти до 40 %.

Другим путем, не исключающим подачу известняка, является доведения фракционного состава топлива до проектного. На рисунке 8 показано изменение доли мелких и крупных фракций с подачей и без подачи известняка при сжигании топлива проектного фракционного состава.



Изменение доли фракций 0,1–0,2 мм и 3–8 мм во времени при подаче угля проектного состава, известняка, начиная с 90 тыс. секунды и золы рециркуляции, начиная с 140 тыс. секунды



В настоящее время для замещения доли твердых частиц, которые могут циркулировать по топочному контуру, периодически производится добавка песка (10÷15 тонн в сутки) с целью улучшения качества материала слоя. При этом частицы по крупности близкие к песку удаляются с донной золой и теряются безвозвратно. Для замещения доли этих относительно мелких частиц представляется целесообразным организовать отсев мелких частиц донной золы и их возврат в топочную камеру, с одновременным увеличением расхода выгрузки.

На основе выполненных расчетов витания и фракционного состава донной золы показано, что частицы с размерами менее 0,315 мм могут уноситься из нижней части топки и участвовать в циркуляции частиц. Их доля в донной золе составляет 45 %, которые в настоящее время выводятся из топочной камеры.

Фракционный состав отсеянной донной золы имеет подавляющую долю фракций 0,1–0,3 мм – около 97 %. Это лучше, чем песок (46 % таких фракций), зола рециркуляции (65 %) и известняк (76 %). Поэтому, можно ожидать эффекта близкого к подаче известняка даже при существенно меньшем расходе добавляемой отсеянной донной золы по сравнению с известняком.



Исключительно острой является необходимость технического перевооружения угольных ТЭЦ.

КПД на конденсационном режиме, для ТЭЦ находится на уровне 25 %, а на ТЭС 34,2 %.

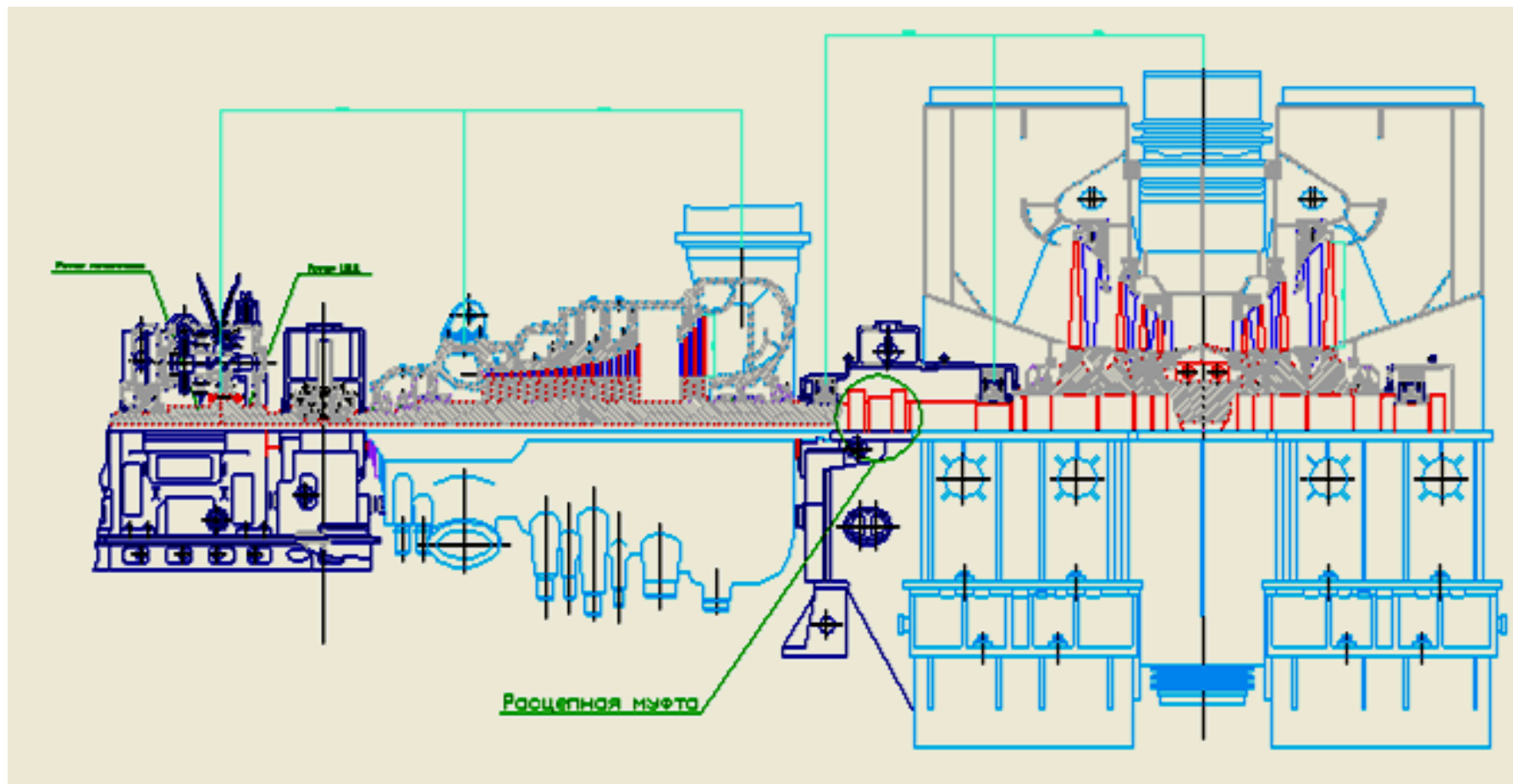
Состояние парка котельного оборудования угольных ТЭЦ свидетельствует об их полном несоответствии перспективным и даже существующим нормам на вредные выбросы, котлы физически изношены и морально устарели. Их реконструкция приводит только к небольшому и временному росту экономичности.

Кардинальным решением проблемы является замена устаревшего оборудования угольных ТЭЦ новыми теплофикационными блоками с повышенными параметрами пара и с котлами, обеспечивающими минимальные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

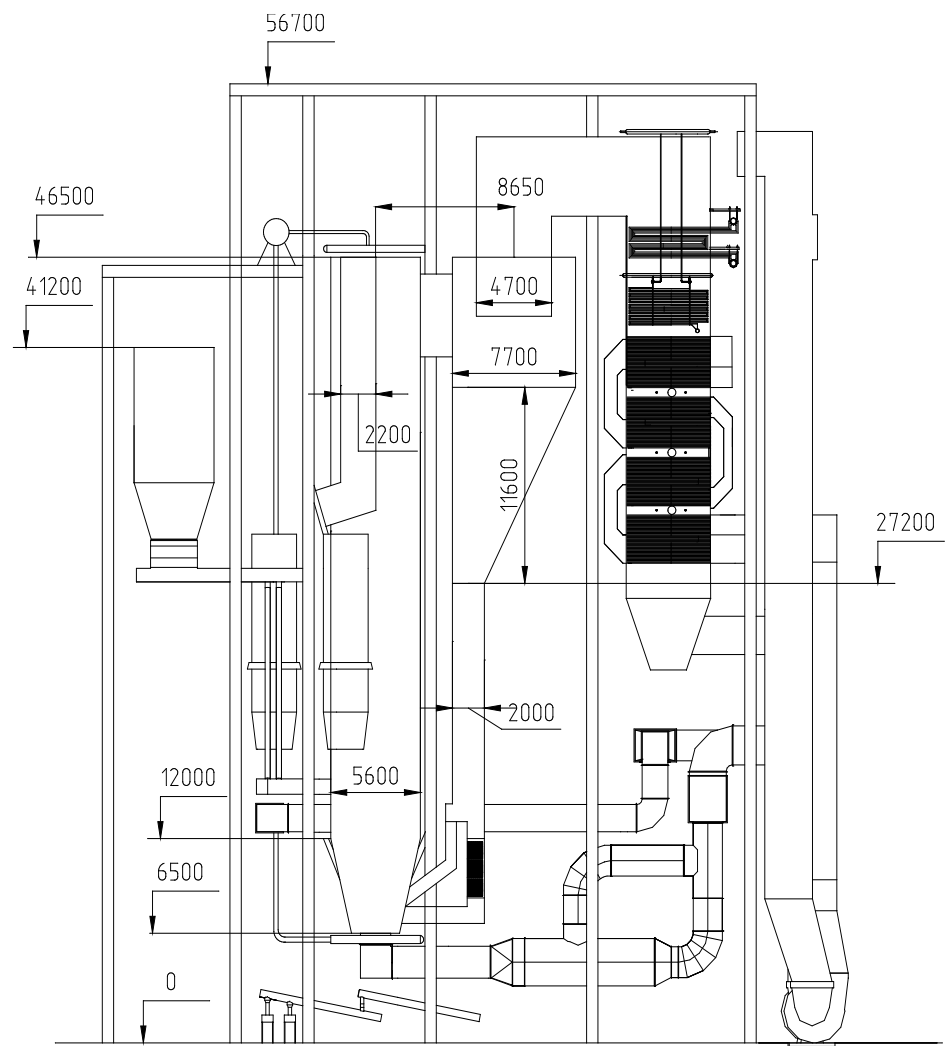


Что такое угольная ТЭЦ нового поколения?

- новая паровая турбина с увеличенным КПД отсеков на повышенные и экономически обоснованные параметры пара;
- блочное исполнение, позволяющее применить дроссельное парораспределение и обеспечить работу блока на скользящем давлении при пониженных нагрузках;
- использование турбины с расцепной муфтой, позволяющее отключить часть низкого давления (ЧНД) на весь отопительный период и исключить потери на вентиляцию в ЧНД. Это решение предполагает применение рабочих лопаток ЧНД большей высоты (до 960 мм), что позволит в летний период (при подключении ЧНД) вырабатывать большую мощность и получить КПД ЧНД на уровне 88 %;
- котлы с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС), обеспечивающие перспективные нормативы по вредным выбросам оксидов азота и серы и сжигание различных топлив (диверсификацию поставок топлива);
- комбинированные или рукавные фильтры, обеспечивающие высокую эффективность улавливания золы;
- системы сухого удаления золы и шлака (донной золы котлов с ЦКС), обеспечивающие возможность использования золы и шлака.



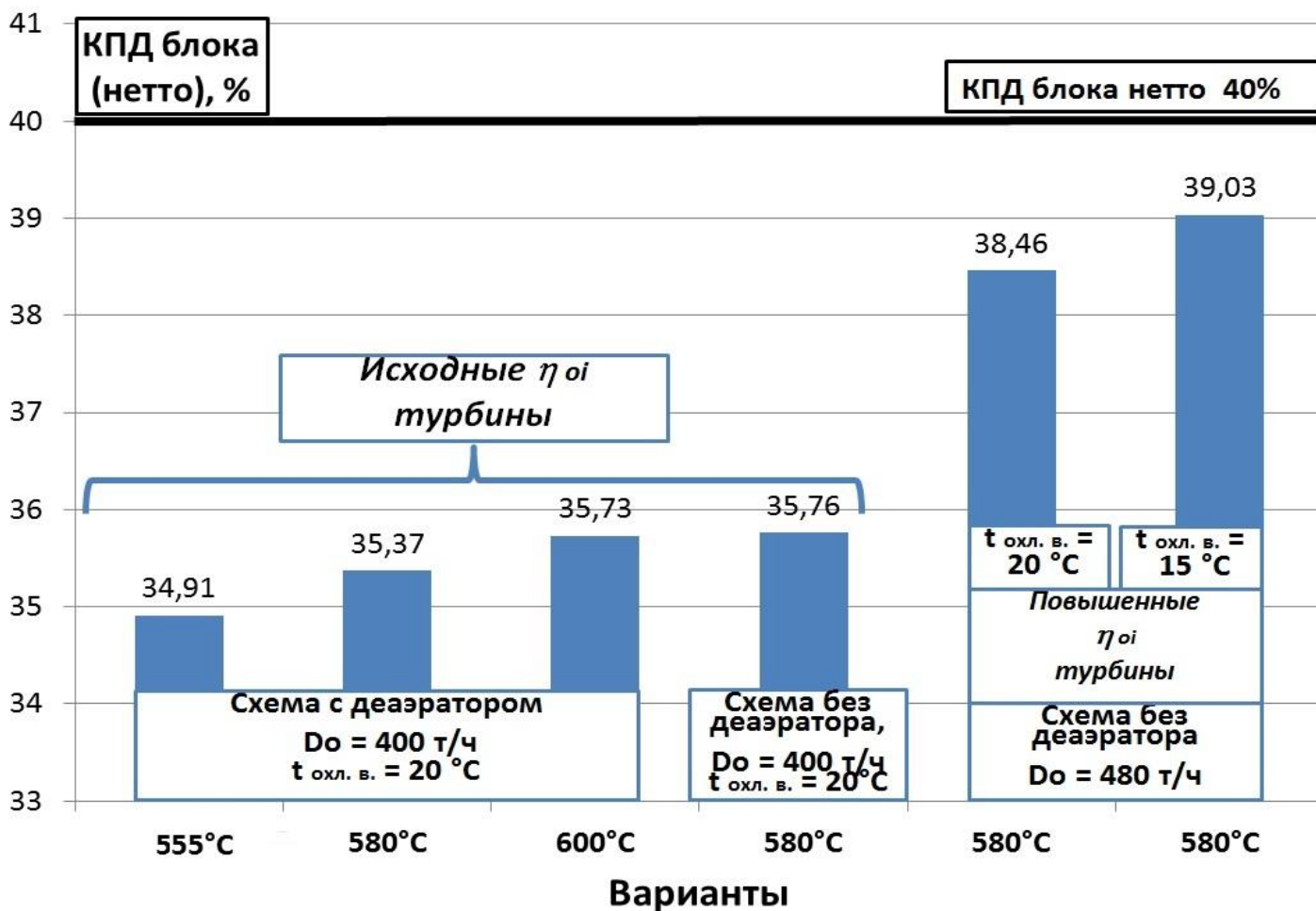
Турбина с расцепной муфтой



Котел с ЦКС (разрез)



3 Угольная ТЭЦ нового поколения с котлом ЦКС



Увеличение КПД блока нетто в К-режиме



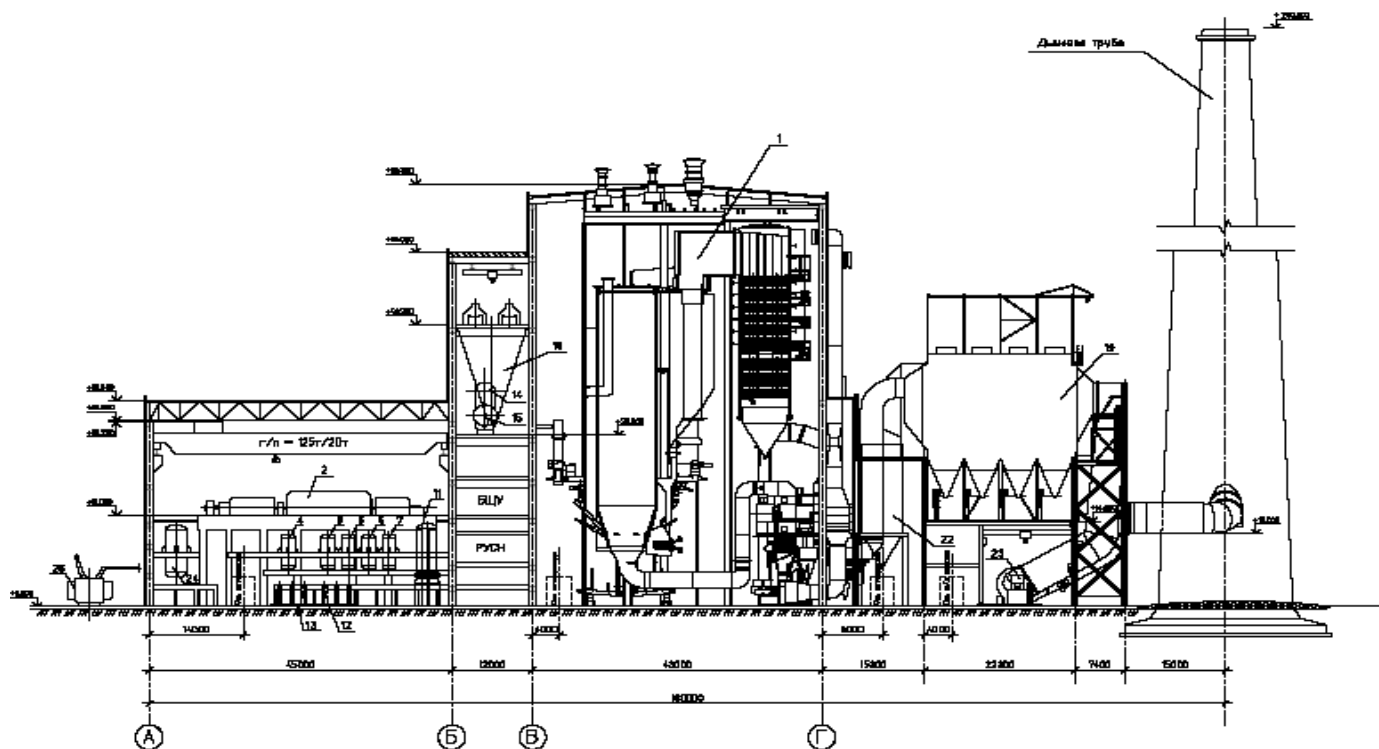
3 Угольная ТЭЦ нового поколения с котлом ЦКС

Показатели	Действующие ТЭЦ		Новый блок ТЭЦ	Улучшение показателей
	расчетные	фактические		
КПД блока в конд. режиме, %	34,9	25–34	38,5 39,0	Выше на 4,5% (абс.) и более
Уд. расход тепла на выработку электроэнергии, кДж/кВт*ч	9537	До 12000	8253	Ниже более чем на 10 %
Уд. расход топлива на отпущенную электроэнергию на тепл. потреблении, г у.т./кВт*ч	197	200–270	185,4	Ниже более чем на 6 %
КПД котла брутто, %	90 - 91	89,5–90,7	92,2 93,2	Выше на 2% (абс.) и более
Выбросы пыли, мг/м ³ при н.у.		150 и более	Менее 50	Ниже в 3 и более раз
Выбросы NO _x , мг/м ³ при н.у.		400–800	200	Ниже в 2–4 раза
Выбросы SO ₂ , мг/м ³ при н.у.		600–2100	200	Ниже в 3–10 раз

Проект угольной ТЭЦ нового поколения технически реализуем. Его осуществление повысит экономичность и надежность снабжения потребителей электроэнергией и теплом, создаст основу для замены изношенного и морально устаревшего оборудования отечественных угольных ТЭЦ при необходимом снижении нагрузки на окружающую среду в городах их применения. Острейшая необходимость повышения экономичности действующего оборудования ТЭЦ и ужесточение норм на вредные выбросы требуют скорейшего внедрения предложенных технических решений даже в условиях больших коммерческих рисков и длительного срока окупаемости.



АО «ВТИ» выполнил комплекс работ по технико-экономическому обоснованию внедрения технологии кипящего и циркулирующего кипящего слоя при техническом перевооружении электростанций, а также использованию биомассы и отходов производств. Было показано, что технология ЦКС наиболее эффективна при использовании широкой гаммы низкосортных сернистых топлив.

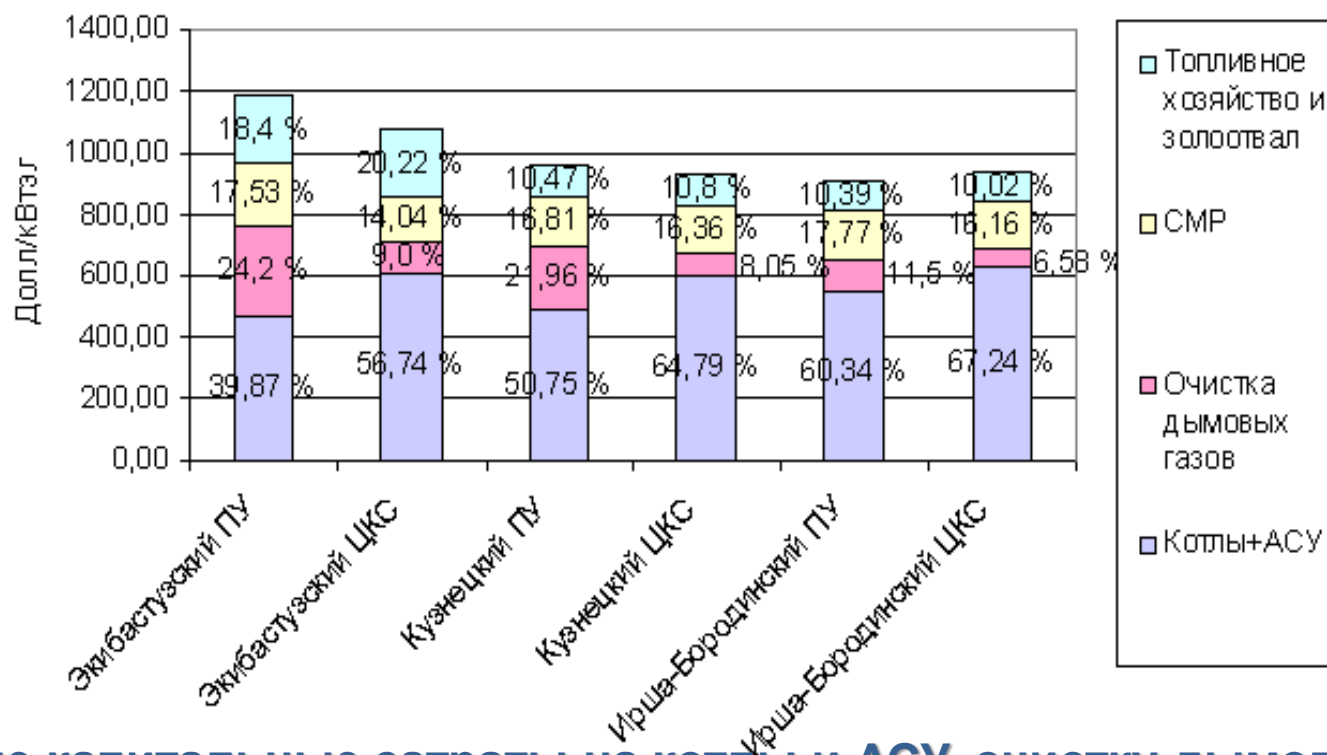


Компоновка главного корпуса блока 300 МВт с котлом ЦКС



4 Условия оптимального применения котлов с ЦКС в России и направления разработок для создания отечественных котлов с ЦКС

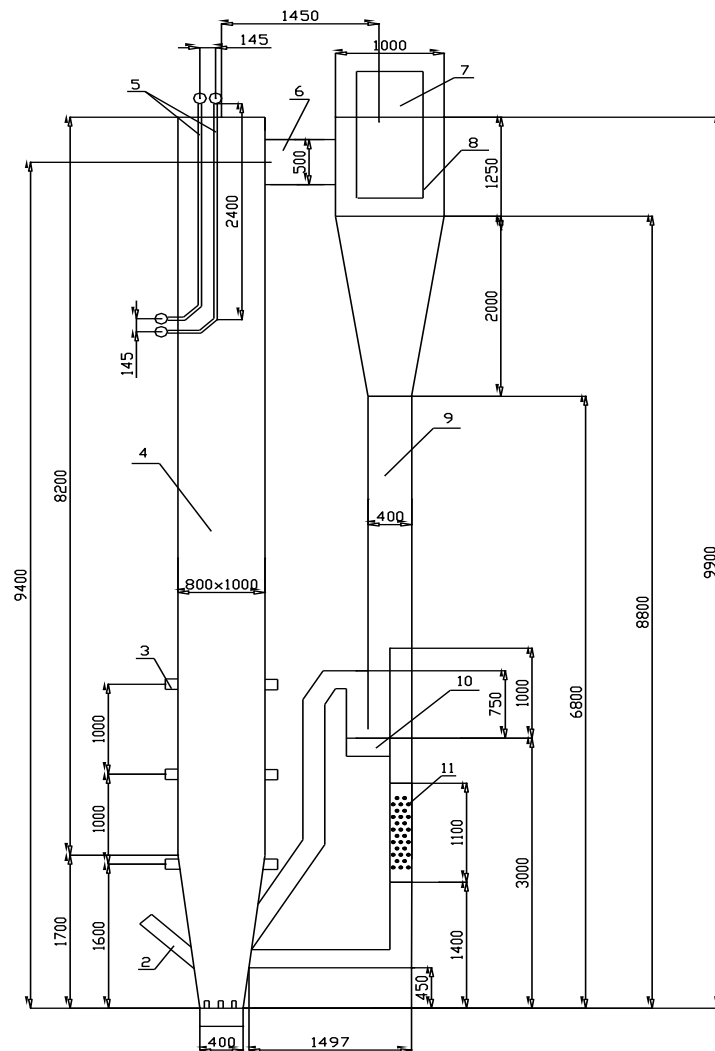
Эффективность внедрения технологии ЦКС в основном определяется качеством топлива и мощностью установки при заданных ограничениях на выбросы вредных веществ.



Удельные капитальные затраты на котлы и АСУ, очистку дымовых газов, СМР, топливное хозяйство и золоотвал для блока 330 МВт (перспективные нормы)

В 60-х годах прошлого века в СССР были заложены фундаментальные основы гидродинамики и теплообмена псевдооживленного слоя. Широко известны работы С.С. Забродского, О.М. Тодеса, М.Э. Аэрова, Н.И. Гальперина, В.Г. Айнштейна, А.П. Баскакова.

Исследования АО «ВТИ» позволили создать новый базовый подход к расчету гидродинамики и теплообмена в котлах с ЦКС и заложили основы собственных методов расчета котлов с ЦКС. Вместе с тем, для создания отечественных котлов с ЦКС требуется проведения ряда НИОКР, касающихся ключевых вопросов совершенствования систем улавливания и возврата частиц, исследования сжигания различных отходов и оптимизации режимных характеристик. Для этого необходимо завершить сооружения пилотной установки на ТКЗ.



Общий вид топочного контура пилотной установки



Наиболее важными научными проблемами являются:

- Определение оптимальных характеристик и показателей гидродинамики и сепарации частиц в топочных контурах котлов с ЦКС.
- Разработка новых конструкций элементов топочного контура на базе экспериментальных исследований эффективности улавливания частиц в уловителях (например, в циклонах) в условиях высоких концентраций потока на входе (на уровне 2 – 10 кг/м³).
- Гидродинамика элементов системы возврата золы (стояки, пневмозатворы, L- клапаны) при опускном движении из зоны низкого давления (разряжения) в уловителях в зону высокого давления в нижней части топки.
- Теплообмен в новых типах зольных теплообменников.
- Агломерации слоя, отложения на поверхностях нагрева и коррозия при сжигании топлив, в золе которых содержится большое количество щелочных элементов.
- Исследование условий сжигания отечественных топлив и отходов.

- Уголь остается важнейшим источником, обеспечивающим надежность поставки электроэнергии и тепла и энергетическую безопасность. Угольные технологии могут стать мостом к декарбонизации. Развитие циркулярной экономики, вовлечение в баланс различных отходов считается важнейшей задачей. Особенно это касается России с большим количеством отходов добычи и переработки угля, отходов лесного и агропромышленного комплексов. В этом плане технология сжигания твердых топлив в ЦКС становится все более привлекательной благодаря возможности эффективного и экологически чистого сжигания широкой гаммы топлив, включая различные отходы.
- Стремительное развитие технологии ЦКС в Китае стало возможным благодаря инвестиционным и исследовательским программам центрального правительства Китая. Уже работает блок 660 МВт на повышенные суперкритические параметры пара (прирост КПД блока на 3 %). В стадии проектирования находится котел для блока 700 МВт с параметрами пара 32,5 МПа/605/623/623 °С (прирост КПД еще на 2 % по сравнению с блоком 660 МВт). Другая тенденция определяется способностью котлов с ЦКС эффективно сжигать широкую гамму топлив, включая различные виды биомассы и отходов. Важной является технология совместного сжигания местных топлив и угля.

- Дана краткая информация о разработках блоков с котлами ЦКС в России. Приведен опыт эксплуатации котла с ЦКС блока № 9 Новочеркасской ГРЭС. Показаны определенные трудности в его эксплуатации и возможные пути их устранения. Разработанные варианты угольной ТЭЦ нового поколения имеют существенно лучшие показатели эффективности и экологические показатели по сравнению с существующими подобными установками в России. Важным является существенный рост КПД выработки электроэнергии в конденсационном режиме (на 5–12 % выше фактического), а концентрации загрязняющих веществ ниже от 3 до 10 раз.
- В России имеется значительный энергетический потенциал неиспользуемых в настоящее время отходов производств, которые не только занимают значительные полезные площади, но и наносят вред окружающей среде. Кроме того, имеется большое количество отходов лесного комплекса и сельского хозяйства, представляющих собой топлива с низкой теплотой сгорания, высокой влажностью и сложным составом золы. Сжигание таких топлив в котлах с ЦКС и совместное сжигание их с углем является перспективным.
- Важным условием оптимального использования технологии ЦКС является достижение не только существующих в РФ норм на вредные выбросы, но и перспективных норм без использования установок сероочистки и азотоочистки. Как показал опыт Китая, первоначальное внедрение котлов с ЦКС происходило за счет зарубежных инжиниринговых решений, но развитие собственных конструкций котлов с ЦКС было сделано благодаря созданию и реализации государственной программы, включающей как НИОКР, так и поддержку первых проектов. Поэтому разработка целевой отраслевой программы создания котлов с ЦКС является актуальной для России.

Спасибо за внимание !