



MORE™

***ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАН-
ЦИЙ, ПОСТРОЕННЫХ НА СЖИГАНИИ ИСКОПАЕМОГО ТОП-
ЛИВА, ВКЛЮЧАЯ КОМПЕТЕНТНЫЙ ФИНАНСОВЫЙ ИН-
ЖИНИРИНГ ПРОЕКТОВ***

***СИСТЕМА ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА
КОТЛА П-67 ПРОИЗВОДСТВА "ЗиО" ПОДОЛЬСК***

Оглавление

Оглавление	2
Контактная информация	3
1. Концепция MORE™	4
1.1 Введение	4
1.2 Ранее сделанные разработки	4
1.3 Существующие электростанции	5
1.4 Некоторые примеры модификации	6
1.5 Заключение	11
1.6 Финансовый инжиниринг	12
2. Система очистки поверхностей нагрева	13
2.1 Введение	13
2.2 Аппарат “водяной пушки” SMART CANNON™ WLB® СВ 100	15
2.3 Опыт по использованию аппаратов “водяной пушки” на котле мощностью 600 Мвт	16
3. Аппараты устанавливаемые на котёл П-67 производства "ЗиО" Подольск	22
3.1 Система очистки топки	22
3.2 Паровые аппараты для очистки конвективных поверхностей нагрева устанавливаемые на котле П-67	30
3.3 Заключение	39

Контактная информация

Клайд Бергеманн ГмбХ

г. Везель, Германия

Тел.: 8 – 10 49 281 815 321

8 – 10 49 281 815 120

Факс: 8 – 10 49 281 815 185

Internet: www.cbw.de

www.clydebergemann.ru

e-Mail: ajuerves@cbw.de

ssimon@cbw.de

Представительство Клайд Бергеманн ГмбХ в России

г. Москва, Россия

Тел.: 8 – 095 128 93 20

8 – 095 128 82 33

Факс: 8 – 095 128 82 33

1. Концепция **MORE™**

1.1 Введение

Свободный рынок энергии во всем мире привел к жесткой конкуренции между производителями энергии.

Из-за излишков производственных мощностей по выработке электроэнергии в различных регионах мира в ближайшем будущем вряд ли можно ожидать появления проектов строительства новых электростанций на ископаемом топливе. Однако, конкурентная ситуация на рынке производства электроэнергии требует от производителей электроэнергии повышения эффективности работы энергетических установок с целью уменьшения эксплуатационных расходов и увеличения производительности.

⇒ **Modernisation**

⇒ **Модернизация**

⇒ **Optimisation**

⇒ **Оптимизация**

⇒ **Retrofit**

⇒ **Реконструкция**

⇒ **Efficiency**

⇒ **Эффективность**

1.2 Ранее сделанные разработки

Развитие в области производства электроэнергии в последние десятилетия непрерывно продолжалось, причем оно было направлено на повышение эффективности производства электроэнергии. Развитие коснулось всех направлений производства электроэнергии. По сравнению с пятидесятыми годами уровень эффективности работы электростанций удалось удвоить, что равно уменьшению на половину потребления топлива на 1 кВтч электроэнергии. В будущем эффективность будет еще более увеличиваться, а потребление топлива сокращаться.

1.3 Существующие электростанции

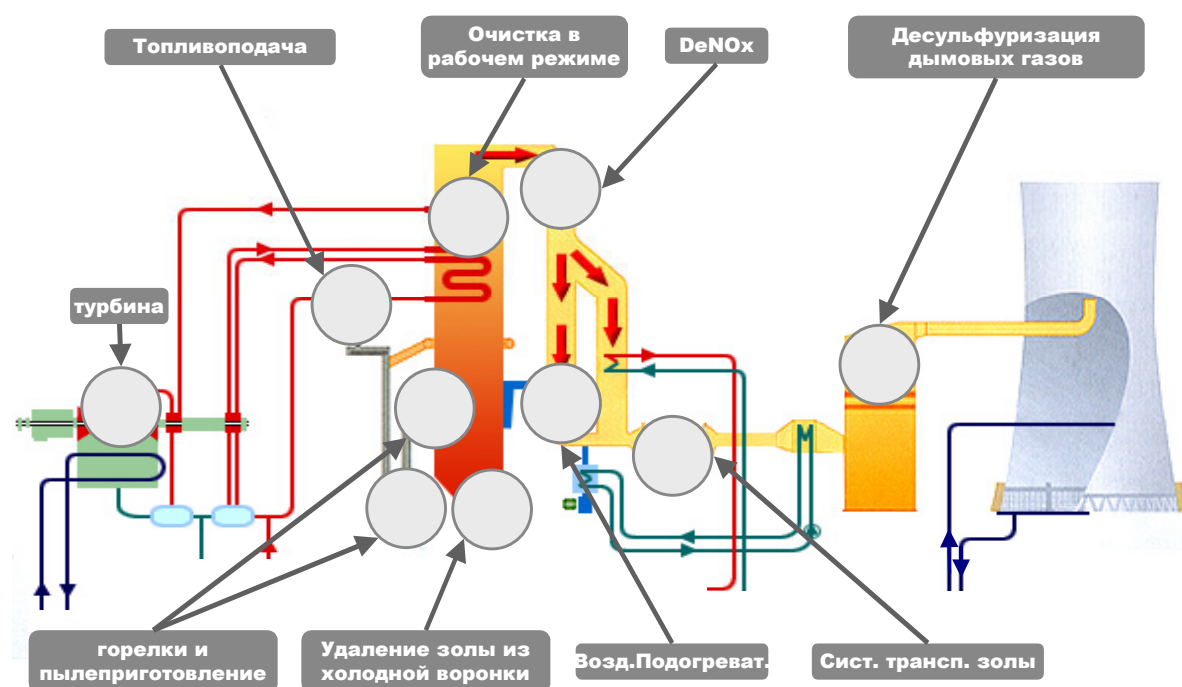
Повышение эффективности работы электростанций на ископаемом топливе это одна из мер, направленных на защиту климата. Повышения можно достичь путем модификации электростанций по следующим направлениям:

1. Улучшением технологии очистки котлов во время работы.
2. Использованием более дешевой технологии очистки отходящих газов
3. Оптимизацией технологии транспортировки золы
4. Улучшением эффективности работы турбин
5. Улучшением эффективности работы парогенераторов
6. Оптимизацией работы «холодного конца», например, охладителей отходящих газов
7. Заменой вспомогательного оборудования, например, насосов, на более совершенное оборудование
8. Применением экономичных исполнительных механизмов.

Для некоторых электростанций после анализа их состояния может выявиться необходимость в проведении модернизации в большем объеме.

Различные направления модернизации электростанций с целью повышения эффективности их работы и потенциальные возможности на этих направлениях для существующих электростанций проиллюстрированы на **Рис. 1**.

Области модернизации



The MORE™-Concept for Power Plant Improvement
© CBW Clyde Bergemann GmbH 04:2003 - Rev. 1

11

Рис. 1 Области модернизации

1.4 Некоторые примеры модификации

1.4.1 Улучшение технологии очистки котлов во время работы

Остатки от сгорания угля приводят к значительным проблемам в работе котельных установок. На эффективность работы паровых котлов отрицательно влияют отложения сажи и золы на поверхностях нагрева, которые иногда являются довольно вязкими, и возможное время эксплуатации котла уменьшается.

Сжигание в больших количествах различных сортов угля не только ставит особые требования к стабильности работы сжигающего оборудования, но также приводит помимо всего прочего к необходимости решения вопросов, касающихся контроля за образованием сажи на различных поверхностях нагрева парового генератора. К тому же образование вязкой сажи может происходить

на нагревательных поверхностях испарителя камер сгорания, которые не всегда можно удалить продувкой паром или воздухом.

Поэтому в Германии и США уже 40 лет назад стали в качестве очищающего средства применять воду.

Превосходная конструкция водяной пушки SMART CANNON CB 100 позволяет идеально справляться с задачей снятия отложений, которые еще совсем недавно невозможно было ничем удалять. В пушке SMART CANNON сфокусированная струя воды посредством сопла высокотехнологичной конструкции под большим давлением направляется внутри камеры сгорания на противоположную стенку нагревательной поверхности.

Эффективность очистки с использованием SMART CANNON, увеличивается за счет применения автоматической системы управления FACOS (Система оптимизации очистки и анализа работы печи). Установленные на стенке камеры сгорания датчики измеряют тепловой поток и указывают время и место для использования пушки SMART CANNON.

Оптимальная по эффективности очистка с применением системы FACOS позволяет до 25 % увеличить тепловой поток через поверхности нагрева, в результате чего температура на выходе из камеры сгорания газа снижается до 80 K (Электростанции на буром угле). Соответственно повышение эффективности работы котла доходит до 0,6 %.

В зависимости от условий применения с новой водяной пушкой SMART CANNON в совокупности с системой FACOS повышение эффективности работы котла может составить до 1,2%.

1.4.2 Более экономичная технология очистки отходящих газов

Разработки в области технологии производства электроэнергии всегда влияли на энергетическую и экологическую ситуацию. В восьмидесятые годы большинство электростанций, построенных на сжигании угля, в Западной Германии были оборудованы установками для очистки дымовых газов с целью снижения выбросов SO₂ и NO_x. Благодаря повышенным потребностям в дополнительной энергии эффективность работы этих электростанций снизилась на 1,5 - 2 %.

Эта потеря эффективности в большей степени могла быть восполнена за счет различных мер, связанных с модернизацией оборудования. При модификации, однако, не разрешалось снижать коэффициент готовности электростанций, т.е. модификация должна была выполняться во время уже запланированных капитальных ремонтов или работ по замене отдельных деталей, и также требовалось, чтобы модификация удовлетворяла экономическим критериям, т.е. следовало принимать во внимание оставшийся срок эксплуатации компонентов.

С начала девяностых годов проблема выбросов CO₂ для энергетической промышленности, в связи с парниковым эффектом таких выбросов, превратилась в критическую. Работы в этом направлении привели к заметным технологическим усовершенствованиям на всех электростанциях, основанных на сжигании ископаемого топлива. Предотвращение или снижение выброса CO₂ благодаря повышению эффективности работы электростанций оказалось действенной стратегией. Сегодня современные электростанции на твердом топливе могут иметь показатель эффективности, достигающий до 46 %. Новые электростанции на буром угле, которые уже работают в Восточной Германии или будут введены в действие в ближайшие годы, имеют показатель эффективности в пределах 43 – 45 %.

1.4.3 Оптимальные системы транспортировки золы

Для удовлетворения отдельных требований к модернизации предлагается много типов различных систем транспортировки золы.

Эти системы могут быть механическими, гидравлическими и пневматическими.

Наиболее передовая технология исключает необходимость применения обычных, дорогостоящих методов транспортировки золы. Снижение эксплуатационных расходов может быть достигнуто за счет меньшего потребления энергии, а также снижения расходов на техническое обслуживание оборудования.

1.4.4 Усовершенствование паровых котлов

Усовершенствование паровых котлов относится к подаче топлива, воздуха и отводу дымовых газов. Улучшения в области распределения пылеугольной смеси, тонкости размола угля, распределения и баланса воздуха в горелке,

привели к значительному увеличению эффективности работы котлов. Снижение избытка воздуха и потерь в предварительном воздухоподогревателе являются наиболее эффективной мерой для паровых котлов (рис. 8).

Далее произведенные усовершенствования за счет модификации горелок привели к уменьшению выброса NO_x газов, к уменьшению составляющей несгоревшего углерода и к снижению количества избыточного воздуха.

Значительные результаты были достигнуты путем переделки турбин и башенных охладителей и заменой насосов для подачи воды. Следующие примеры улучшений относятся к различным немецким электростанциям и даны здесь для демонстрации мер, которые были приняты в направлениях указанных здесь составляющих общего потребления тепла и привели к довольно заметной экономии в расходе топлива.

1.4.5 Усовершенствование паровых турбин

Одна из электростанций в Германии, запущенная в эксплуатацию примерно в 1970 году, включает в себя одну турбину в секции высокого давления, одну турбину в секции среднего давления и две турбины в секции низкого давления, которые имеют мощность по 400 МВт каждая. На этих турбинах после 90.000 часов работы были сделаны следующие модификации:

Направляющие лопасти последней ступени секции низкого давления первоначально были сделаны из серого литого чугуна с толстыми задними кромками, обусловленные использованной техникой литья. Они были заменены стальными сварными лопастями, которые значительно лучше работают при существующих параметрах потока. Кроме того, новые лопасти имеют желоба, по которым отводится влага, так что потери, связанные с неизбежным образованием капель и уносом их потоком, снижаются. Диффузор на выходе был также заменен; он был расширен и в нем было достигнуто более благоприятный коэффициент расширения. Удельное потребление тепла машиной снизилось примерно на 100 кДж/кВт, что эквивалентно увеличению эффективности на 1,0%.

Турбина высокого давления также была усовершенствована. Её лопасти были замены лопастями с новым профилем и новой формой. Контур лопасти стал

непрерывно закругленным. Вместе с улучшением качества изготовления и лучшей отделкой поверхности замена привела к снижению удельного потребления тепла примерно на 1,0 %.

1.4.6 Усовершенствование «холодного конца»

Башенный охладитель немецкой электростанции представляет собой концентрационную башню с естественной вентиляцией высотой 115 м и диаметром 80 м в месте поступления воздуха. Объем подачи холодной воды составляет приблизительно 50.000 м³/ч; расчетная температура воды 23 °С при температуре влажного воздуха 8 °С. Монтаж установок для разбрызгивания воды со сниженными потерями давления и большим временем падения капель воды обеспечил снижение температуры холодной воды на 2 К. В результате снижения температуры давление в конденсационном аппарате упало и перепад энтальпий в машине возрос. Одновременно, скорость пара на выходе из последней ступени турбины низкого давления повысилась, а с этим и потери на выходе. При этом экономия топлива составляет 20 кДж/кВт, что соответствует примерно 0,25 %. Величина 21°С, как расчетная температура холодной воды, была получена в результате проведенных расчетов оптимизации с учетом инвестиций.

1.4.7 Замена насосов

Система питающих насосов рассматриваемой здесь электростанции мощностью 400 МВт включает в себя 2 нагруженных на половину и 2 нагруженных на четверть насоса. Таким образом, общая мощность установленных насосов составляет 150 % относительно максимально требуемого потока воды. К первоначально установленным нагруженным на половину насосам с производительностью 600 тонн/час, давлением воды на выходе 280 бар и коэффициентом полезного действия 75% требования по мощности составляли 5,5 МВт. Эти насосы находились в эксплуатации около 100.000 часов без какой-либо проверки их состояния. Тем временем промышленность разработала насосы с более высокими скоростями вращения, большим количеством ступеней и более того – с улучшенной схемой потока при тех же технических параметрах. Вместо того чтобы дожидаться запланированных инспекций состояний существующих насосов мы решили установить новые насосы. При коэффициенте

полезного действия 83% с ними была достигнута экономия энергии порядка 500 кВт на каждый насос, что означает увеличение общей эффективности работы электростанции примерно на 0,25%.

Другой вариант увеличения эффективности состоит в улучшении цикла «вода/пар» путем улучшения параметров процесса и показателей эффективности работы отдельных компонентов. Ограничения, налагаемые на увеличение температуры и давления, определяются наличием в настоящее время устойчивых к воздействию высоких температур материалов, планируемыми потребностями в увеличении нагрузки и требуемой надежностью.

Ферритно-мартенситный материал P91, разработанный в последние годы, позволяющий дальнейшее увеличение показателей производимого пара (давление и температура), был выбран для коллекторов пароперегревателя и предварительного пароперегревателя, соединительных труб в турбоагрегате проектируемых или сооружаемых в настоящее время электростанций, работающих на антраците или буром угле.

С вводом этих выдерживающих высокие температуры конструкций в эксплуатацию и с повышением эффективности работы упомянутых ранее компонентов для агрегатов, вырабатывающих электроэнергию на основе сжигания угля, достижима эффективность порядка 45 % - 46 %.

1.5 Заключение

Описанные здесь меры показывают, что возможно достижение заметной экономии в удельном потреблении тепла – также и на существующих электростанциях – и получение экономического эффекта. Более того, известно довольно много других мер, которые позволяют достичь того же результата. Конечно, надо изучать каждую такую меру с точки зрения экономической эффективности. В каждом случае должны приниматься во внимание такие важные переменные величины как снижение удельного потребления тепла (то есть, выигрыш в эффективности), объем инвестиций и ожидаемый режим работы установки.

Степень использования энергии топлива может быть заметно увеличена за счет технологии одновременной выработки тепловой и электрической энергии. Возможности продажи тепловой энергии для использования ее в отоплении районов, прилегающих к электростанции, однако, ограничены определенной территорией и сезоном. Благодаря технологии одновременной выработки тепловой и электрической энергии подача тепла от электростанции в дома прилегающего к электростанции района – также и в Германии – стала одной из наиболее важных схем обогрева зданий, приемлемых с точки зрения охраны окружающей среды и экономии первичных источников энергии.

1.6 Финансовый инжиниринг

В зависимости от размеров проекта имеются различные возможности для его финансирования.

Для небольших проектов отсроченный платеж может быть предусмотрен в пределах срока аккредитива. Альтернативным видом платежа может быть «Договор продажи с получением проданного обратно в аренду», заключаемый между продавцом, покупателем и арендатором.

Проекты средних и больших размеров требуют заключения соглашения об обычном экспортном финансировании. Такое соглашение о финансировании широко известно во всем мире как «Заем банка банку».

Выбранный способ финансирования, однако, должен соответствовать требованиям конкретного проекта. Благодаря нашим широким возможностям в области финансового инжиниринга мы можем предложить своим клиентам по их запросу наиболее эффективные схемы финансирования.

По специальному запросу можно провести исследования по вопросу финансирования с компенсацией кредита поставками продукции.

2. Система очистки поверхностей нагрева

2.1 Введение

Отходы после сгорания угля или мусора приводят при эксплуатации котельных установок к значительным проблемам. На общий КПД котельной установки негативно влияют отложения на поверхностях теплообмена, состоящих из затвердевшей смеси шлаков и золы. Эти отложения также негативно влияют на срок эксплуатации котла.

Особенно при сжигании смешанного по качественному составу угля, помимо специфических требований к стабильности процесса горения, внимание заостряется на контроле шлакования в различных местах экранов топки и других поверхностей нагрева.

В области высоких температур на поверхностях нагрева в топке котла могут образовываться особенно трудноудаляемые отложения, которые не возможно удалить при помощи воздуха или пара. В связи с этим, на электростанциях уже более 40 лет в качестве рабочего агента используется вода.

В 50-е годы, после предварительных испытаний воздействия воды на результаты очистки, а также на поверхности нагрева, ранее установленные паровые аппараты обдувки были перепроектированы на воду. За это время фирма Клайд Бергеманн ГмбХ, при поддержке **RWE ENERGIE AG**, на одной из электростанций, в рабочих условиях, год за годом совершенствовали технику водяной очистки топочной камеры.

Используемые для водяной очистки мембранных стен аппараты основываются на тот же самый принцип что и паровые аппараты:

Вращающаяся труба с винтовым приводом перемещает сопловую головку при закрытом вентиле приблизительно 40 мм за экраном;

Следующее вращательное движение открывает вентиль;

В зависимости от установочного угла сопел и возможного хода головки, струя воды описывает спираль на поверхности экрана.

При помощи данной технологии на данный момент достигается радиус до 5,5 – 6 метров. Правильное использование данной технологии показало, что оптимального качества очистки даже при более сильной загрязненности экранной поверхности достигается без повреждения экрана за счет термошока.

Площадь очистки в форме окружности, а также большое количество аппаратов, установленных на котле для дос-

тижения наибольшей площади очистки, определяют недостатки данной технологии. При использовании её в топках больших размеров, необходимо большое количество разводов на мембранных экранах, в местах установки аппаратов, а также площадок обслуживания аппаратов, общая длина трубопровода для подвода воды, а также длина общая электропроводки. В процессе эксплуатации аппаратов это сказывается на количестве требуемых запасных частей. Остальные, не очищаемые поверхности, не могут быть очищены даже при использовании регулируемых радиусов очистки и поэтому требуют установки дополнительных аппаратов.

Для решения поставленной проблемы и был спроектирован аппарат водяной пушки.

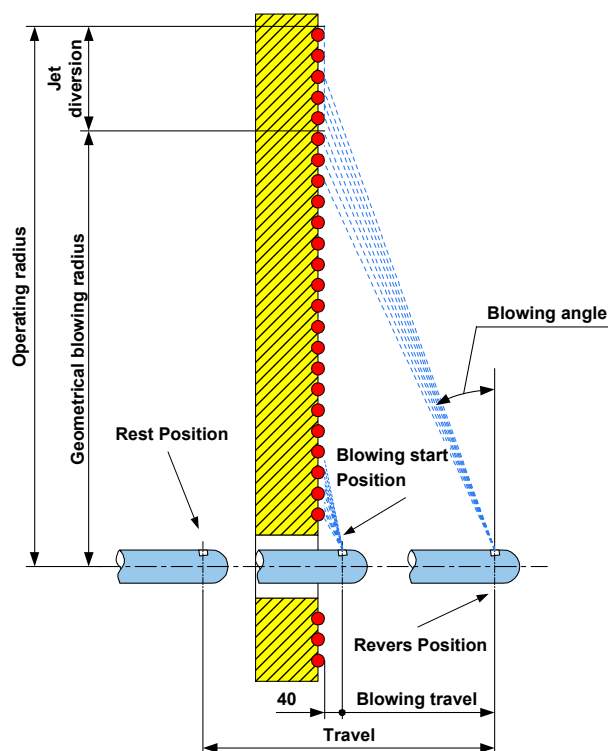


Рис. 2 Маловыдвижной аппарат водяной очистки тип F 149

2.2 Аппарат “водяной пушки” SMART CANNON™ WLB® CB 100

В аппарате SMART CANNON™ (водяная пушка) компактная струя воды через специально сконструированное сопло направляется на противоположный экран топки. Конструкция водяной пушки позволяет описывать змеевидную траекторию на противоположном экране. Особенностью данного аппарата является, два совершенно независимых, привода по направляющим движения каретки. Это позволяет описывать любую траекторию струи на противоположном экране.

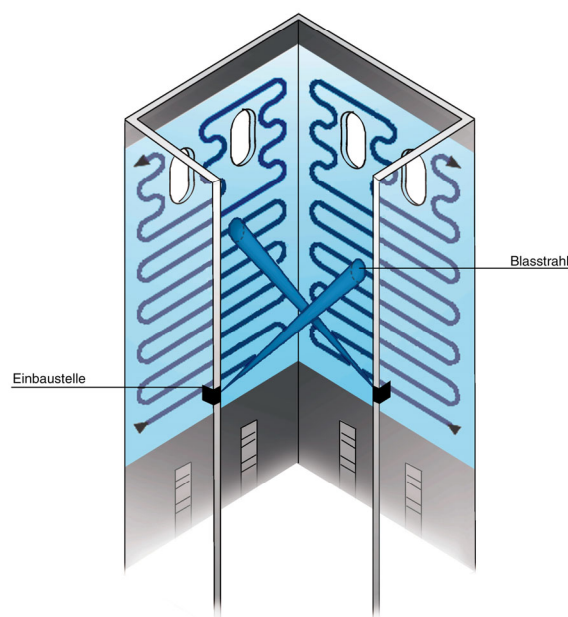


Рис. 3 Траектория очистки экранов

За счет регулирования скорости перемещения с использованием системы управления, регулируется время контакта струи воды с поверхностью нагрева. Одним из важных преимуществ данного аппарата является система управления специально разработанная фирмой Клайд Бергеманн. Эта система управления позволяет программировать движение струи аппаратов SMART CANNON™ так, чтобы определённые области топки такие как: люки, горелки, газозаборные шахты и т.д. исключались из поверхности очистки. Полная схема одного аппарата поставляемого фирмой Клайд Бергеманн изображена на **Рис. 4.**

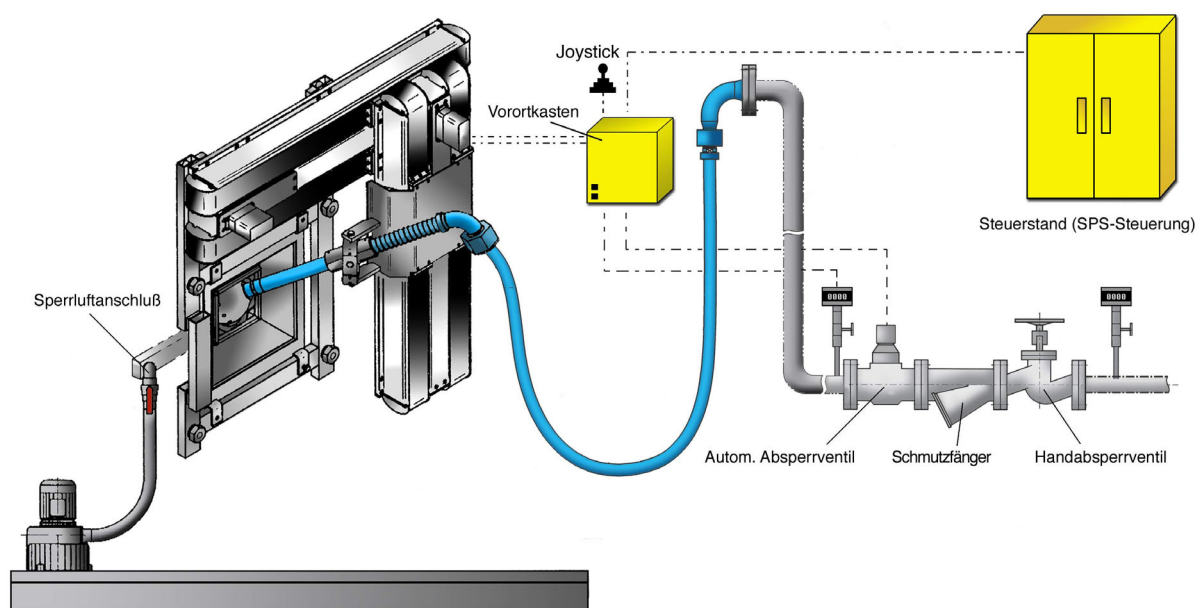


Рис. 4 Схема аппарата SMART CANNON™ WLB® CB 100

После многолетних испытаний и накопленного опыта при более чем 1.000, установленных по всему миру аппаратов, они были с успехом установлены помимо станций работающих на угле, на станциях работающих на сжигании мусора.

2.3 Опыт по использованию аппаратов “водяной пушки” на котле мощностью 600 МВт

Опыт, накопленный при использовании аппаратов “ВОДЯНОЙ ПУШКИ” для очистки топки перечислен по пунктам.

2.3.1 Качество очистки

Загрязнение мембранных стенок котла состоит в основном из пористых отложений. При попадании воды на эти отложения, вода проникает в поры и моментально испаряется. Как следствие отложения раскалываются и опа-

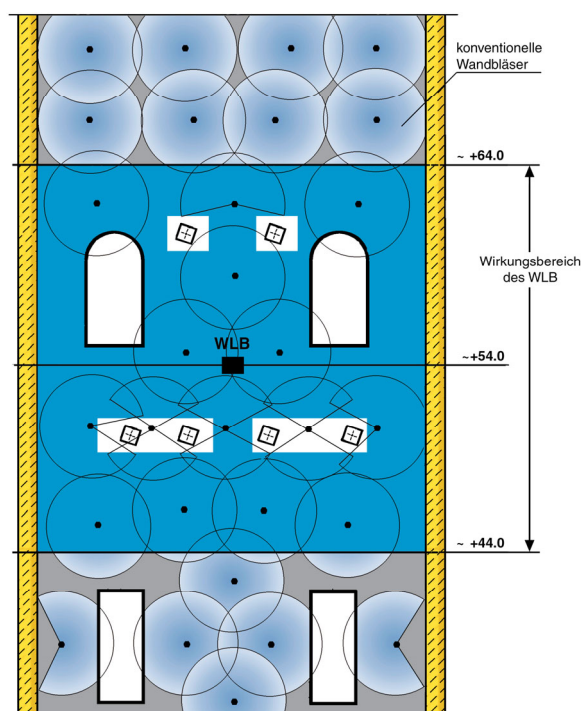


Рис. 5 Площадь очистки одного аппарата “ВОДЯНОЙ ПУШКИ”

дают, за счет чего и достигается превосходное качество очистки.

2.3.2 Периодичность очистки.

Качество очистки привело к тому, что водяные пушки используются только один раз в день, хотя при используемом топливе имеется потенциал для сокращения периодичности использования аппаратов. При ревизии котла нет необходимости в дополнительной очистке топки котла. Для оптимизации периодов и зон очистки используется система оптимизации FACOS™.

2.3.3 Наводка / Отклонения водяной струи.

Наводка водяной струи и тем самым основной выбор фигур обмывки осуществляется во время остановки котла при помощи лазера и затем струёй воды. На опыте было установлено, что эти установленные фигуры обмывки в рабочем режиме котла отклоняются примерно на 1 метр по вертикали, что должно быть учтено при предварительной настройке. В горизонтальном направлении интервал безопасности, например до горелок составляет приблизительно 0,5 метра. Остановы котла должны быть использованы для того, чтобы сравнивать действительные и запрограммированные фигуры обмывки.

2.3.4 Выбор траектории обмывки

При очистке мембранной стенки необходимо обращать внимание на различные факторы. Основываясь на имеющемся опыте работ, при конфигурации зон очистки и траектории струи, учитывается конструкция панелей топки, а также угла навивки экранных труб, позволяя, тем самым, избегать сбоев в работе котла, связанных с нарушением гидродинамики внутренней среды.

2.3.5 Рабочий угол.

Схема показывает рабочий угол WLB в горизонтальной плоскости. Качество очистки мембранных стенок напрямую зависит от угла попадания струи воды на зашлакованную поверхность. Чем меньше угол падения, тем лучше качество очистки. Поэтому, несмотря на тот факт, что используя максимальный рабочий угол аппаратов на каждый уровень очистки достаточно 2 аппарата чтобы очистить все 4 стенки, рекомендуют установку 4 аппаратов.

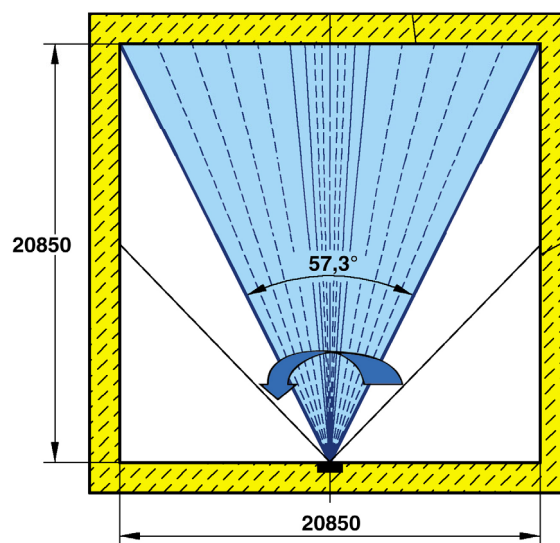


Рис. 6 Рабочий угол очистки аппарата “ВОДЯНОЙ ПУШКИ”

Подвод воды через гибкий шланг.

Соединение через гибкий шланг необходимо для того, чтобы компенсировать относительные перемещения между трубопроводом и аппаратом, жестко закреплённого на котле.

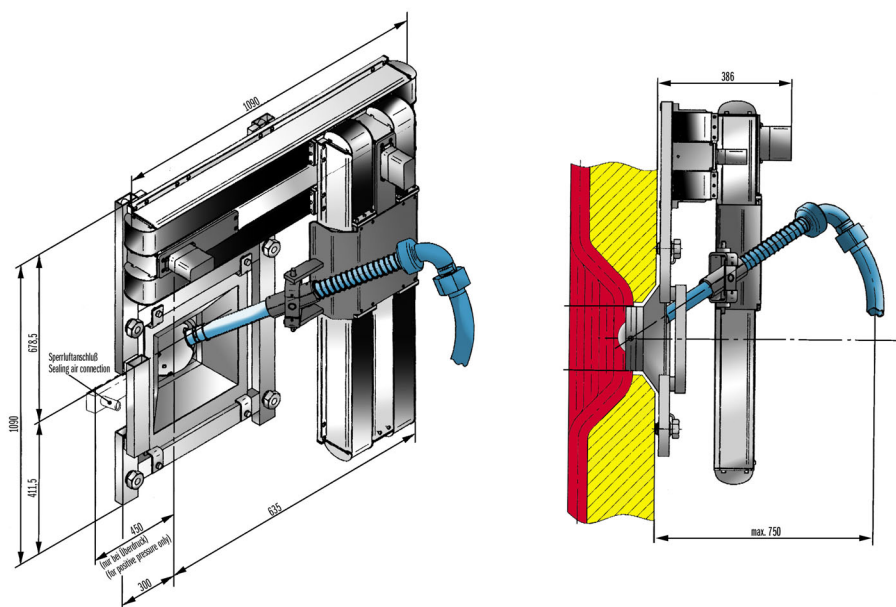


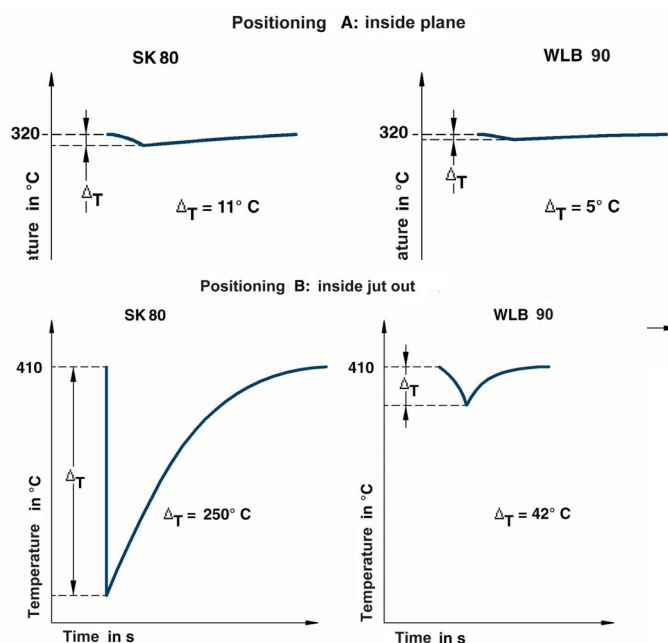
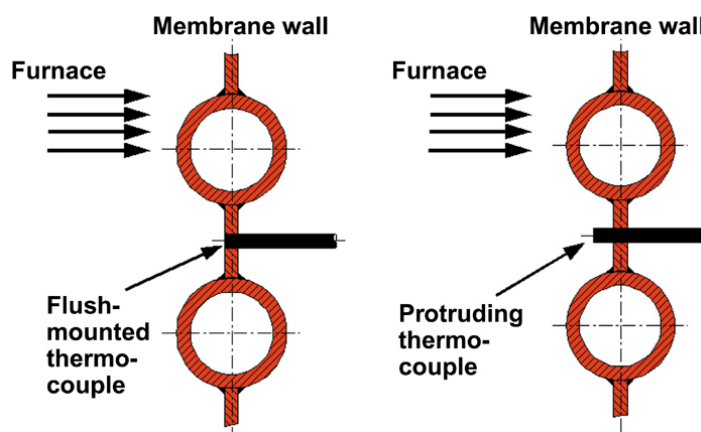
Рис. 7 Конструктивные параметры аппарата SMART CANNON™ WLB® CB 100

2.3.6 Зашлаковка шахт обратного отсоса.

За счет достижения очень хороших результатов очистки аппаратами водяной пушки достигаются, почти что, оптимальный теплообмен в топке, что в свою очередь ведет к понижению температуры на выходе из топки, и что опять-таки приводит к уменьшению отложений в шахтах.

2.3.7 Температурные нагрузки мембранных стен.

Ещё до пуска в эксплуатацию первого опытного аппарата WLB 90, со стороны RWE были заказаны исследования возникновения термошока при использовании аппаратов WLB 90. Целью этих исследований был прогноз срока службы спирали котла производительностью 1900 т/ч. Для этого, как показано на схеме, для измерения температуры были установлены два термодатчика. Местоположение их было выбрано так, чтобы радиус очистки обыкновенными аппаратами водяной обмывки SK-80 и траекторией очистки WLB 90 проходили непосредственно через эти элементы. Независимо от того, что были произведены абсолютные измерения температуры, результаты этих измерений показали, что при использовании аппаратов WLB 90 на мембранную стенку оказывалось меньшее температурное воздействие чем при использовании аппарата SK-80. Воздействия на поверхность уменьшились также за счет того, что аппараты WLB 90 использова-



лись только 1 раз в день, а аппараты SK-80 раз в смену.

При дальнейших визуальных контролях не было выявлено никаких повреждений или особенностей.

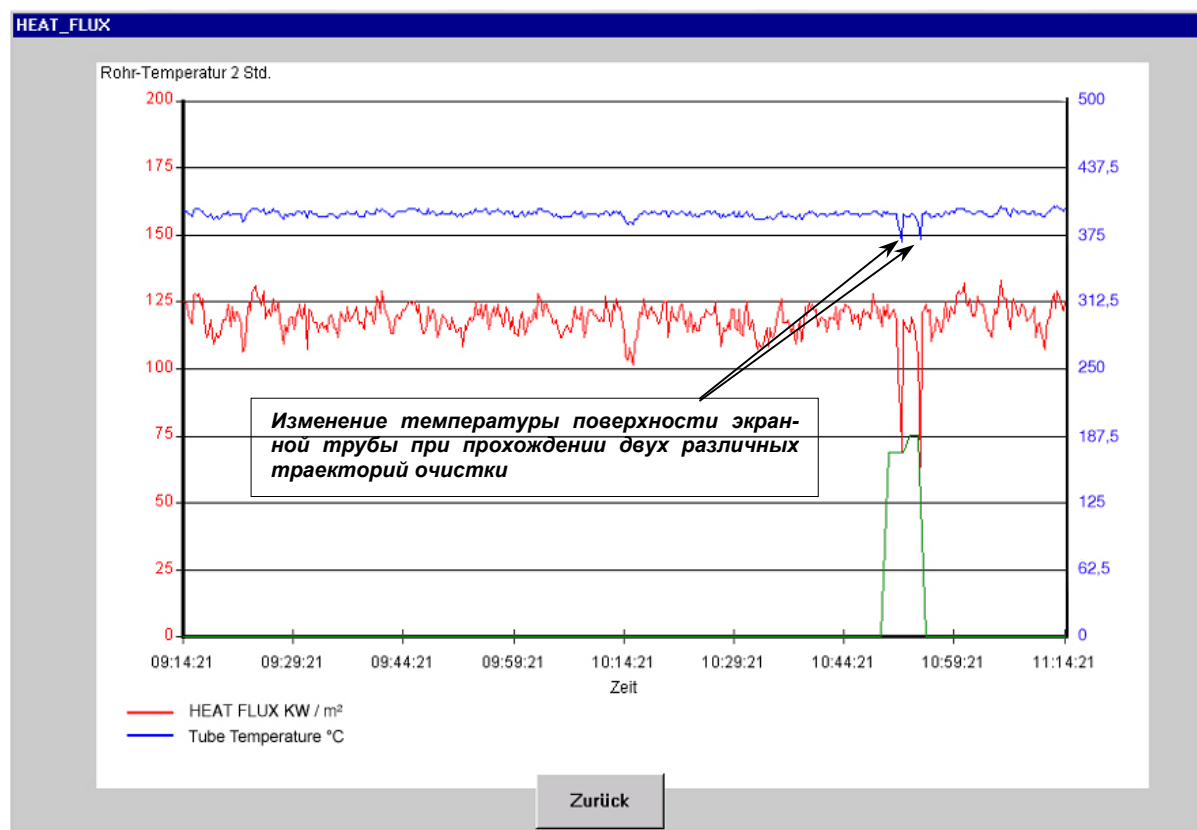


Рис. 8 Изменение теплового потока и температуры поверхности экранной трубы (красным показана плотность теплового потока, синим температура поверхности мембранной трубы)

Основным отличием термонапряжённого состояния металла труб при работе аппарата WLB является возможность сокращения при наладке числа термошоков с 10-ти для аппарата ОВГ и 4-х для аппарата ОВМ до одного. При этом исключается захлаживание внутренней среды с опасным влиянием на гидродинамику при низких нагрузках котла и соответственно повышается расчетная долговечность металла.

Поскольку на практике не допускается попадание воды на чистые трубы, а отложения даже небольшой толщины в несколько раз снижают термошок, то надежность экранов при эксплуатации аппаратов WLB будет обеспечена. Это подтверждается длительным опытом эксплуатации этих аппаратов на ТЭС Германии и по всему миру.

Многолетний опыт использования аппаратов WLB 90 показал, что лучшего решения проблем с очисткой поверхностей топке котлов работающих на сжигания любых сортов угля и мусора на сегодняшний момент нет.

3. **Аппараты устанавливаемые на котёл П-67 производства "ЗиО" Подольск**

3.1 Система очистки топки

3.1.1 Аппараты SMART CANNON™ WLB® CB 100

При модернизации очистки топки заменены все аппараты обдувки топки на современные аппараты "водяной пушки" SMART CANNON™ WLB® CB 100. Аппараты установлены на трёх ярусах по четыре аппарата на ярусе. В сумме 12 аппаратами будет возможно провести полную очистку экранов топки.

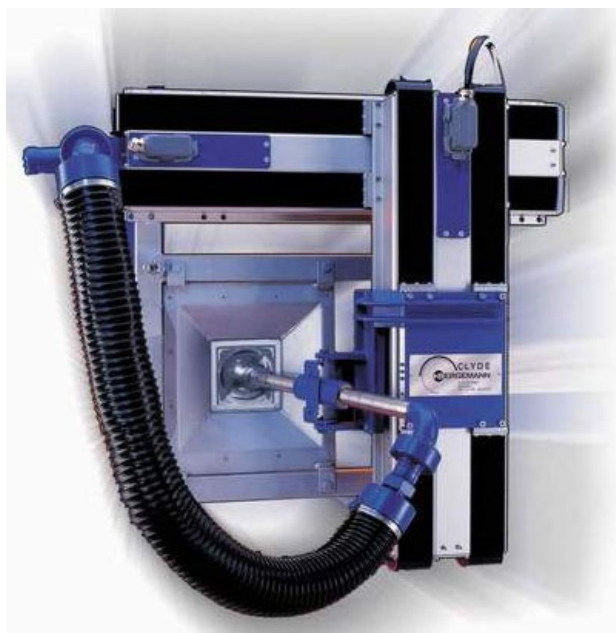


Рис. 9 Аппарат SMART CANNON™ WLB® CB 100

3.1.1.1 Технические параметры аппарата:

Максимальный рабочий угол:	100° (по горизонтали и вертикали)
Эффективная дистанция струи:	до 35 м
Рабочее давление:	от 4 до 25 бар
Расход воды:	от 0,5 до 20 л/с

3.1.1.2 Размеры:

Габариты:	1.090 × 1.090 × 750 мм
Масса:	прибл. 80 кг

3.1.1.3 Привод:

сервопривод
0,25 кВт, 24 В постоянный ток (преобразование в АСУ)

Этот аппарат отличает от предыдущих модификаций 100% повторяемость фигур очистки, точность позиционирования за счёт конструкции и использования жёстких алюминиевых профилей, сервомоторов и модифицированного высокоточного сопла, а также более высокая надёжность за счёт установки дополнительных датчиков, которые контролируют всю систему привода в комплексе.

К системе также относятся (см. **Рис. 4 Схема аппарата SMART CANNON™ WLB® CB 100**) арматурная станция с автоматическим быстрореагирующим магнитным клапаном. Комплект арматур гарантирует надёжную подачу воды. Электронный контроль за рабочим давлением, а также за расходом воды являются основополагающими для надёжной и эффективной очистки.

Подтверждением этому является уже более 100 аппаратов этой модификации по всему миру.

3.1.2 Системам оптимизации очистки топки FACOS™

Система FACOS™ разработанная специалистами Клайд Бергеманн ГмбХ анализирует уровень загрязнения и состояние шлакования поверхностей нагрева в топке котла, визуализирует в онлайн-режиме поступающую информацию и при необходимости активирует систему очистки поверхностей нагрева.

При использовании системы FACOS™ пользователь получает точную и достоверную информацию о состоянии загрязнения на поверхностях нагрева. Кроме того значимый экономический эффект за счёт

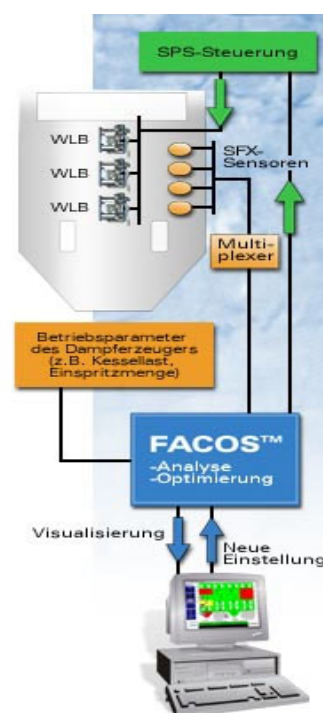


Рис. 11 Система оптимизации FACOS™

автоматического и обусловленного необходимостью режимом очистки.

3.1.2.1 Принцип работы

Система базируется на прямых измерениях плотности теплового потока и топке. Для определения локальных загрязнений на поверхностях нагрева на экранные поверхности в специально выбранные места устанавливаются вставки с SMART FLUX™ датчиками (см. Рис. 12

Схема установки датчика SMART FLUX™).

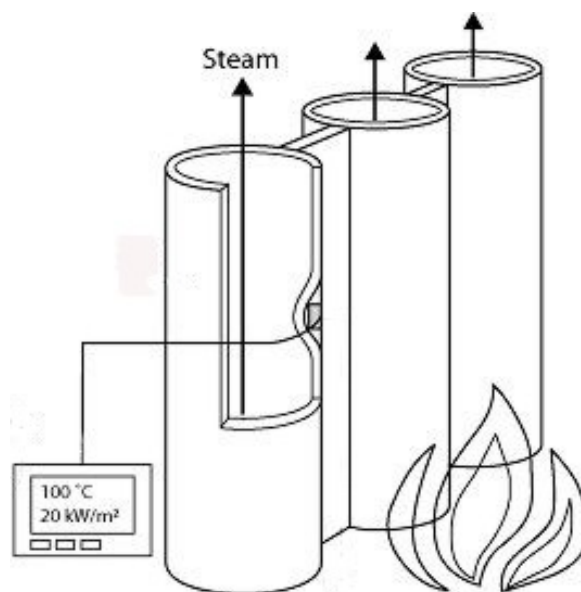


Рис. 12 Схема установки датчика SMART FLUX™

В топке котла П-67 будет установлено 28 датчиков SMART FLUX™ для анализа загрязнённости поверхностей нагрева. Предусмотрено установить по два датчика на каждый аппарата, кроме того ещё 4 дополнительных датчика на уровне пояса горелок для более точного анализа загрязнений в этой области.

Сигналы, поступающие с датчиков, фильтруются, усиливаются и передаются через мультиплексор на анализирующий модуль в котором и происходит анализ параметров.

Система анализа и диагностики предоставляет все полученные информации на мониторе управления или же на другой интерфейс. В данном случае на АСУ ТП котла от фирмы SIEMENS – TLEPERM XP-R. Система также автоматически анализирует степень загрязнения экранов и принимает решение какую область топки необходимо чистить и когда. Автоматически запускаются только



Рис. 13 Общий вид датчика SMART FLUX™

те аппараты, которые должны работать в данный момент. Помимо этого система даёт информацию о температуре на поверхности мембранных труб, что в свою очередь даёт возможность оценки термошока. В совокупности с аппаратами SMART CANNON™ WLB® CB 100 система FACOS™ представляет одну из самых совершенных систем очистки экранных поверхностей топки существующих на мировом рынке.

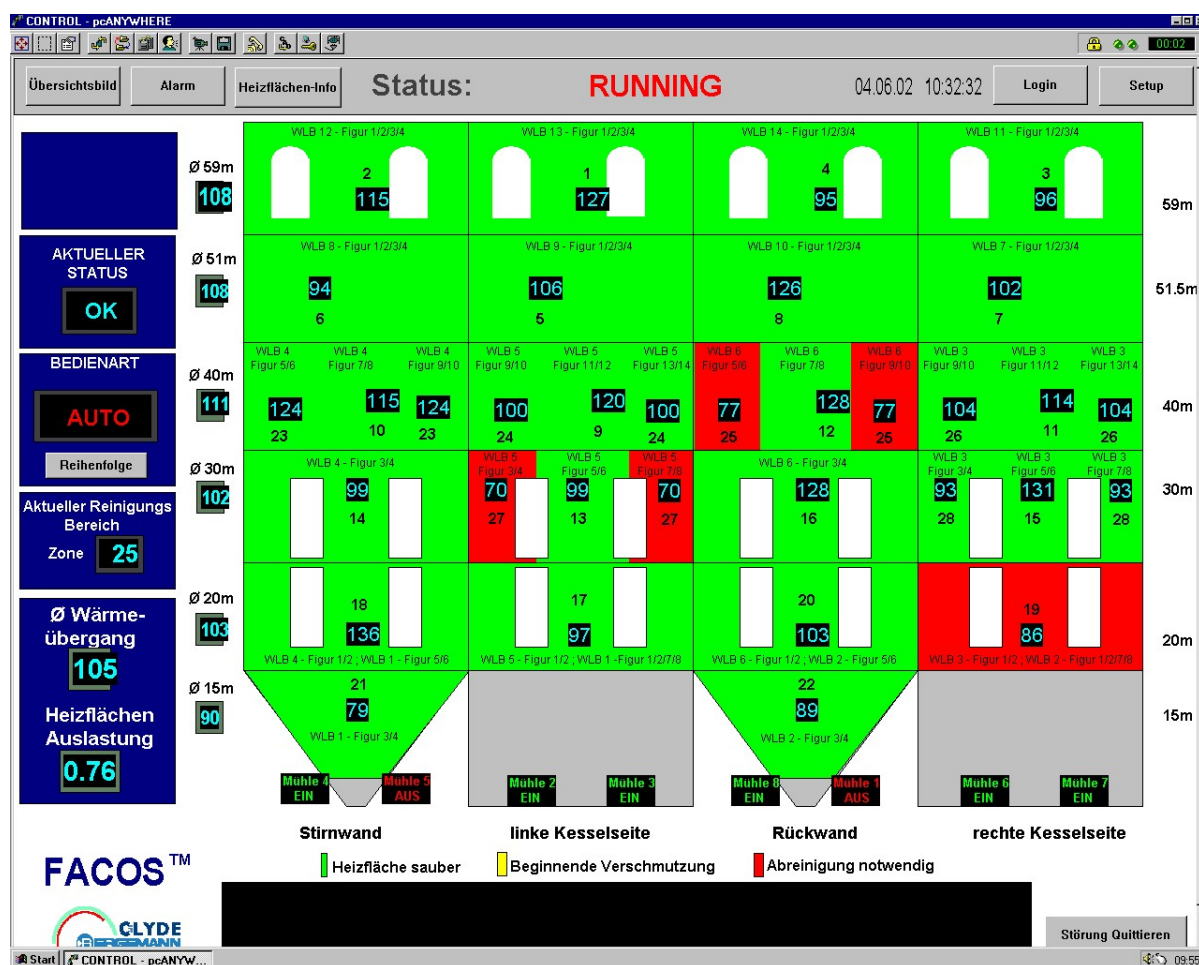


Рис. 14 Интерфейс анализа и управления FACOS™

Система FACOS™ для Берёзовской ГРЭС-1 спроектирована таким образом, что при необходимости для более точного анализа имеется возможность расширить систему за счёт установки дополнительных датчиков. Однако основываясь на нашем опыте выбранное количество датчиков достаточно для эффективного анализа и управления системами очистки.

На рисунке **Рис. 15** показано расположение аппаратов водяной пушки, а также расположение датчиков теплового потока.

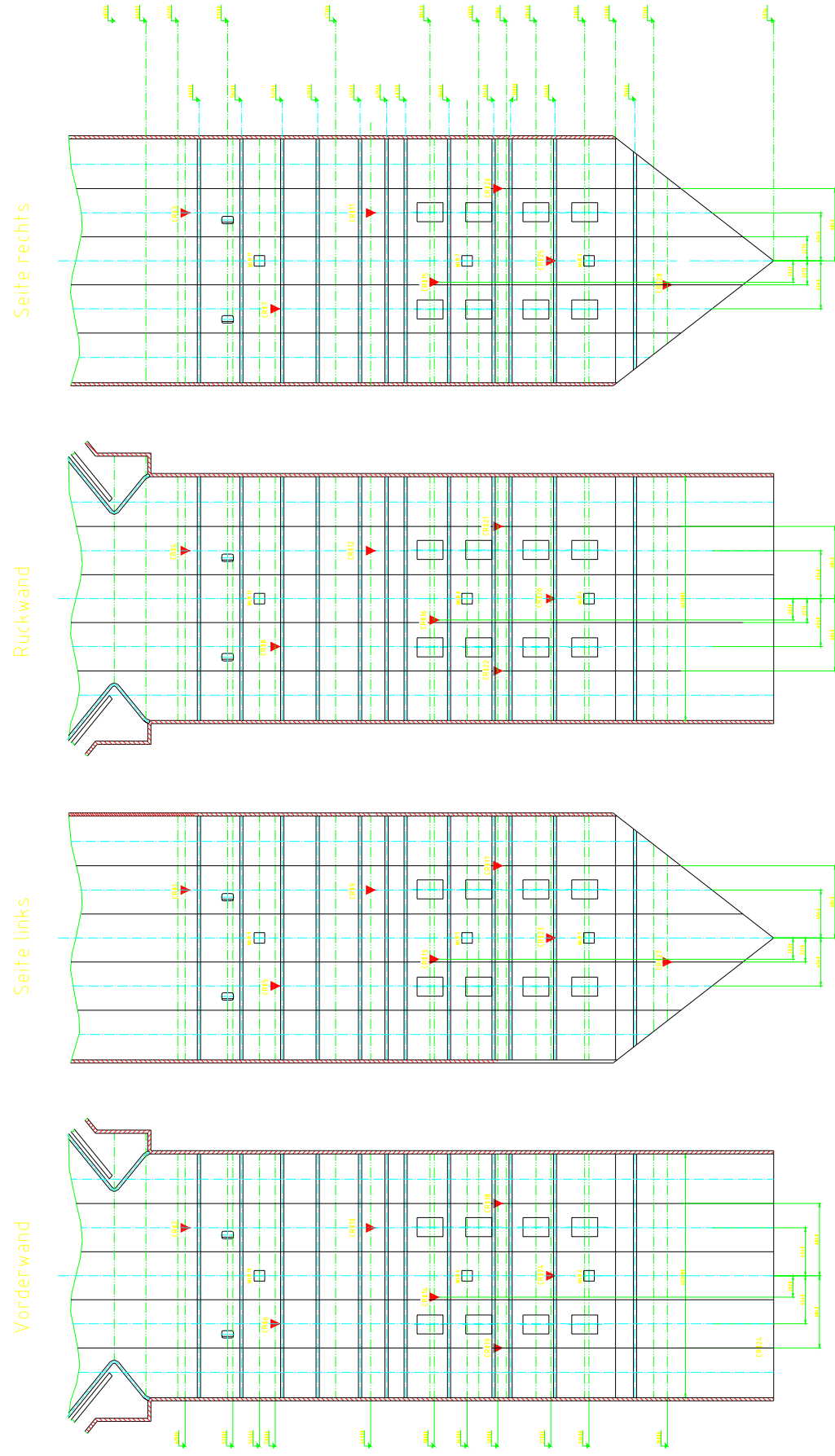


Рис. 15 Расположение аппаратов SMART CANNON™ WLB® CB 100 и датчиков SMART FLUX™

3.1.3 Система управления SMART CONTROL™

Система управления SMART CONTROL™ была специально создана для использования с аппаратами SMART CANNON™ WLB® CB 100. Система основывается на SIMATIC S7-400, который управляется через интерфейс управления и наблюдения базирующийся на персональном компьютере.

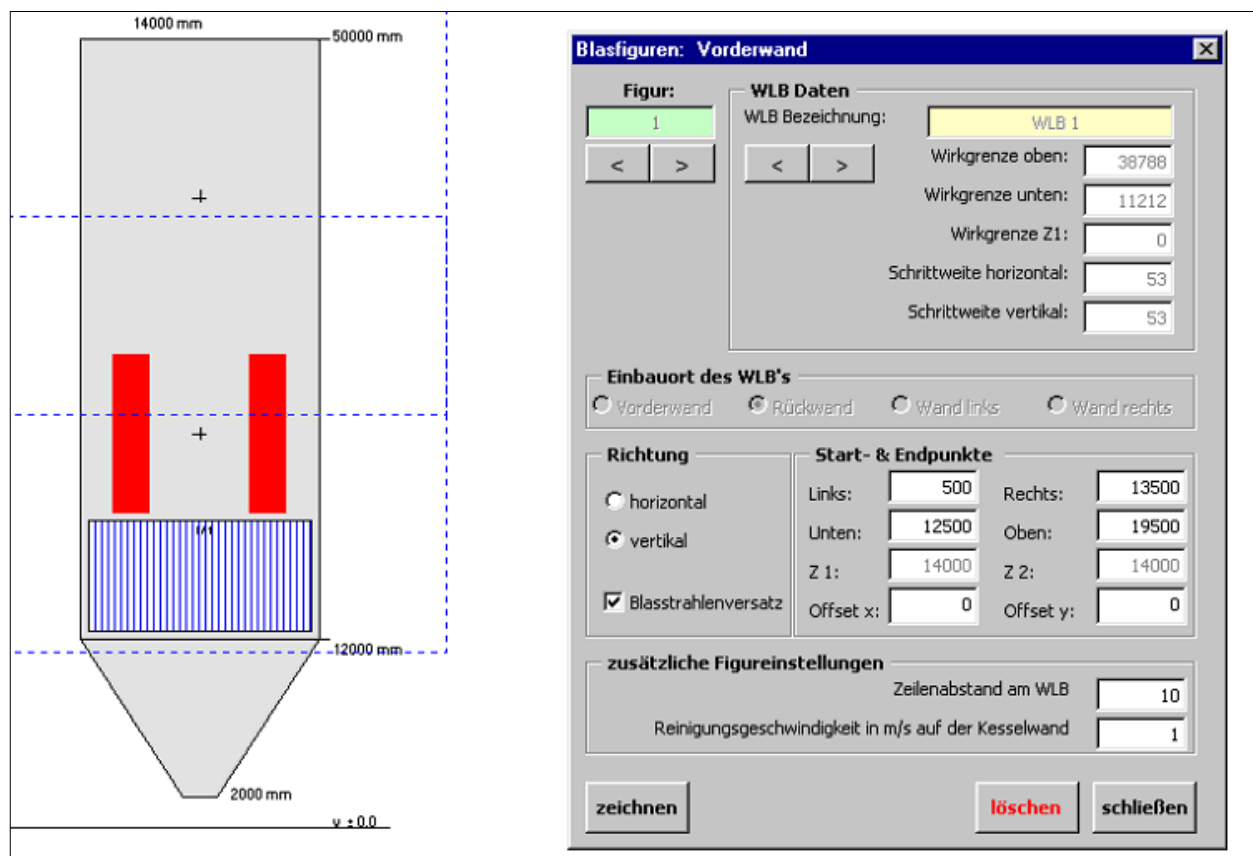


Рис. 16 Интерфейс SMART CONTROL™

Основные преимущества заключаются в графическом интерфейсе пользования, т.е. графическое представление геометрии топки и зон очистки, а так же всех необходимых параметров работы аппаратов SMART CANNON™ WLB® CB 100.

Система позволяет просто и удобно конфигурировать все специфические для данной установки параметры, и составлена таким образом, что при проектировании и пробных пусках в эксплуатацию система управления может быть перепрограммирована в зависимости от требований в кратчайшие сроки. Оптимизация фигур очистки, для которых ранее требовалось трудоёмкие работы по программированию контроллера, теперь осуществляются через графический

интерфейс и могут быть выполнены в течении нескольких минут. Кроме того управляющий персонал имеет возможность получить полную информацию о системе аппаратов начиная от насосной станции и заканчивая арматурными группами включая параметры давления воды.

Система SMART CONTROL™ является модульной системой и позволяет обслуживать до 30 аппаратов SMART CANNON™ WLB® CB 100. Если по каким либо причинам происходит сбой в работе аппарата обдувки, то после устранения сбоя система продолжает работу с того места, где произошёл сбой, а не начинает фигуру очистки сначала. Это позволяем избежать попадания струи воды на чистую поверхность и тем самым обеспечивает безопасный режим работы системы очистки.

3.1.4 Вспомогательное оборудование

Кроме аппаратов SMART CANNON™ WLB® CB 100, системы управления SMART CONTROL™ и системы оптимизации FACOS™ также поставляется насосная станция и арматурные группы с приборами измерения.



Рис. 17 Насосная станция в исполнении с резервным насосом

3.2 Паровые аппараты для очистки конвективных поверхностей нагрева устанавливаемые на котле П-67

Различные типы сажеобдувочных аппаратов фирмы Клайд Бергеманн покрывают весь спектр оборудования необходимого для очистки конвективных поверхностей нагрева.

Некоторые виды глубоководных аппаратов производимых Клайд Бергеманн:

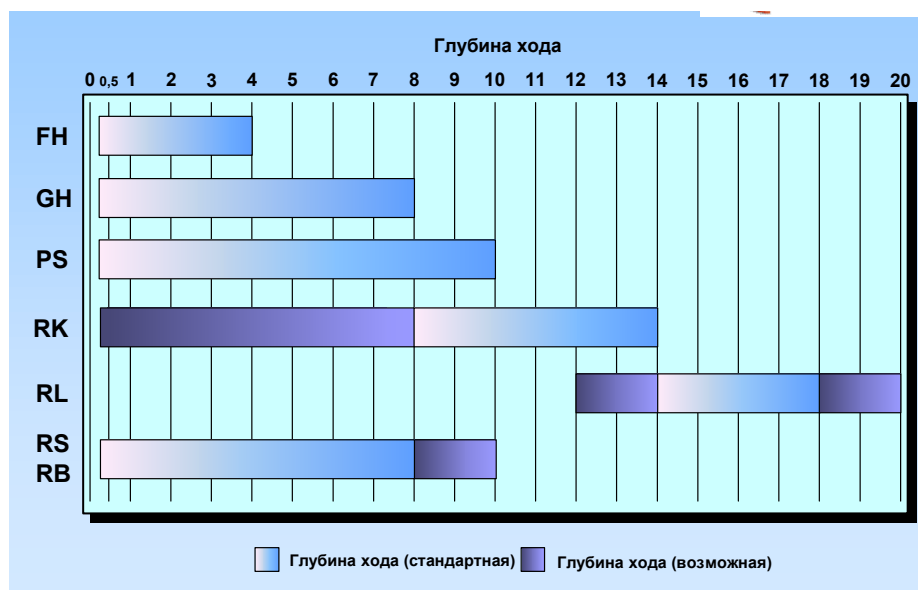
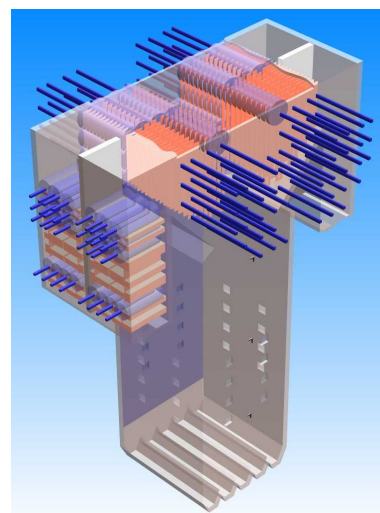


Рис. 18 Типы глубоководных аппаратов в зависимости от глубины выдвижения

На котле П-67, дополнительно, установлены 12 паровых глубоководных аппаратов **RK-SL** на выходе из топки для эффективной очистки ШПП-2 и 76 паровых обдувочных аппаратов **RK-SB** для очистки КПП, КВП и ВЭ.

Из-за конструктивных особенностей котла аппараты **RK-SL** выполнены с двумя различными параметрами походу. Аналогичная ситуация с аппаратами **RK-SB**.



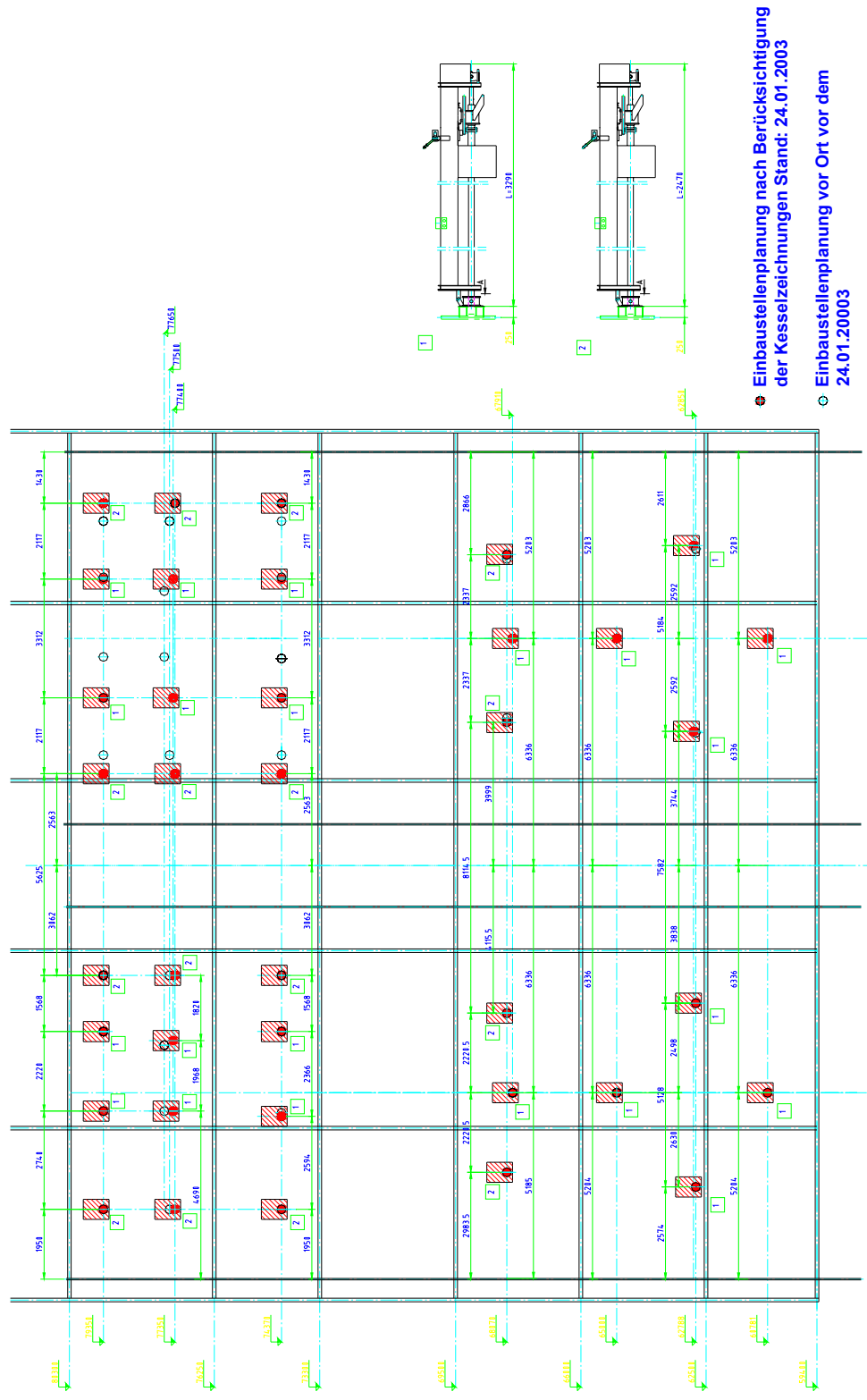


Рис. 23 Расположение аппаратов RK-SB в КШ, в зависимости от габаритных размеров

3.2.1 Система управления

Система управления основывается на программном модуле SIMATIC S7-400, который управляется через интерфейс управления и наблюдения, базирующийся на персональном компьютере.

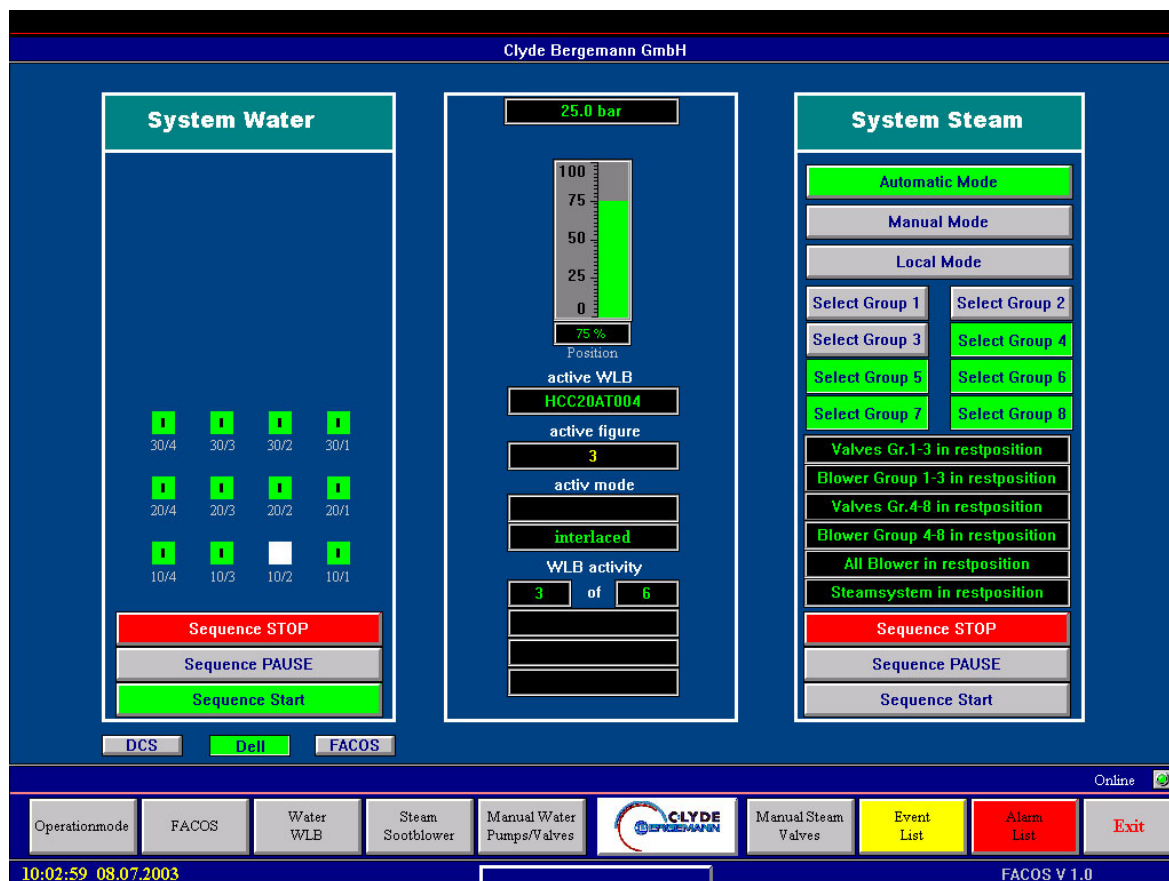


Рис. 24 Выбор режима работы установки для водяной и паровой систем очистки (Запуск / Остановка / Пауза программы)

Через систему управления осуществляется управление всеми паровыми аппаратами и группой арматур для подвода пара.

Система управления выполнена таким образом, что управление всеми аппаратами: SMART CANNON™ WLB® CB 100, RK-SL, RK-SB и ОГ-12 осуществляется через один шкаф управления. Также для паровых аппаратов предусмотрен параллельный режим работы.

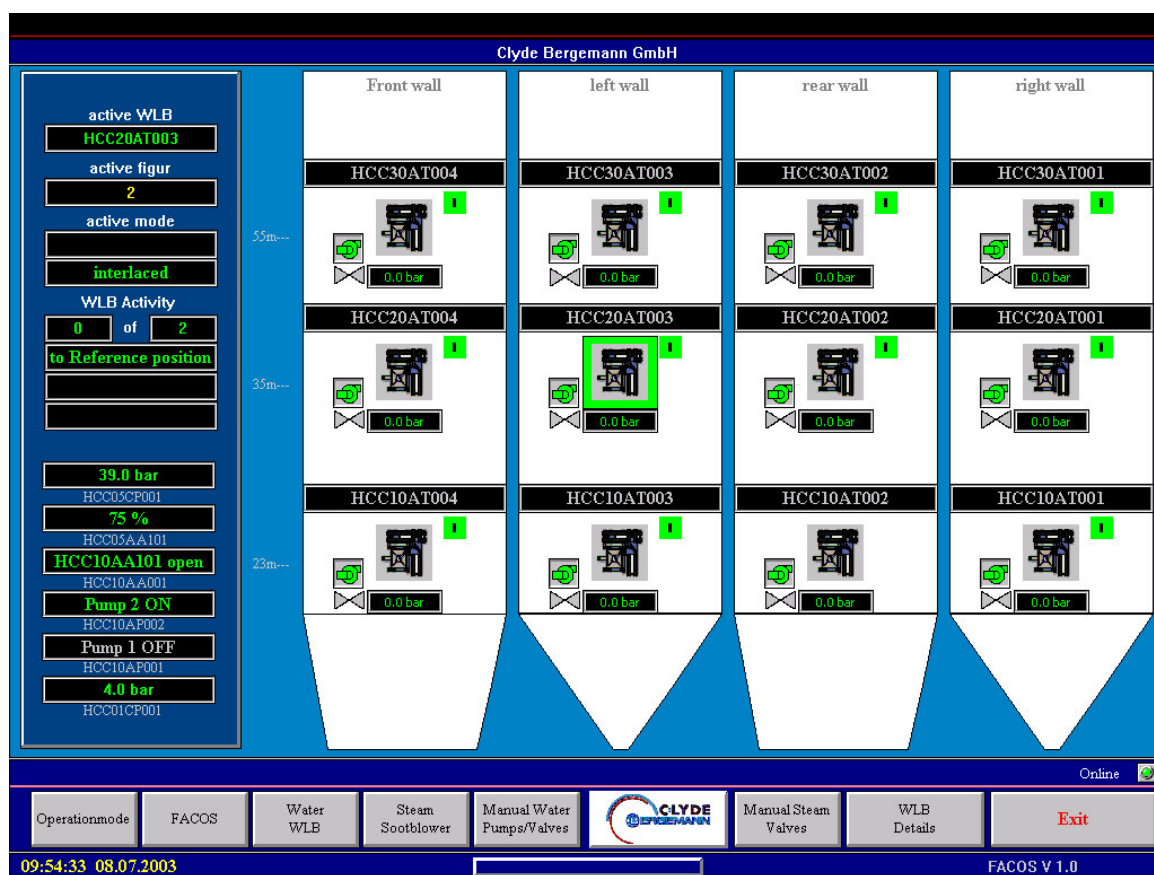


Рис. 25 Система водяной очистки SMART CANNON WLB® CB™ 100

Сигналы управления для аппаратов ОГ-12 были переведены на 24 В постоянного тока, вместо ранее использованных 220В переменного. Это позволило избежать наводок в кабеле и тем самым обеспечить надёжную работу системы аппаратов.

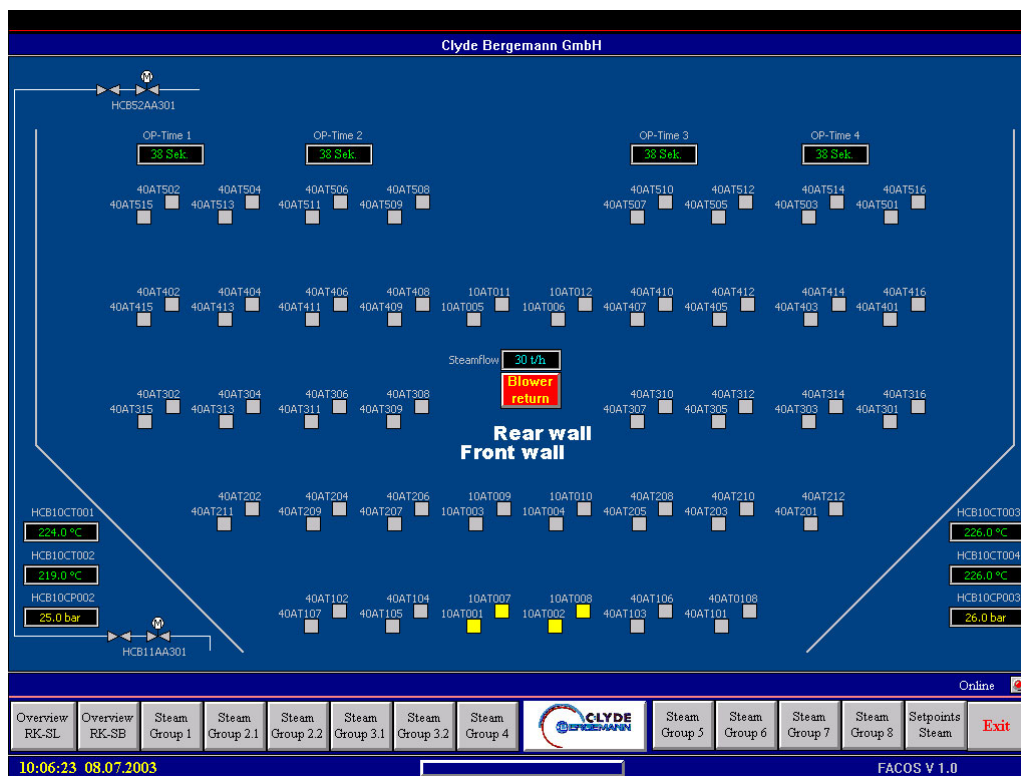


Рис. 26 Общий вид аппаратов ОГ-12 и RK-SL

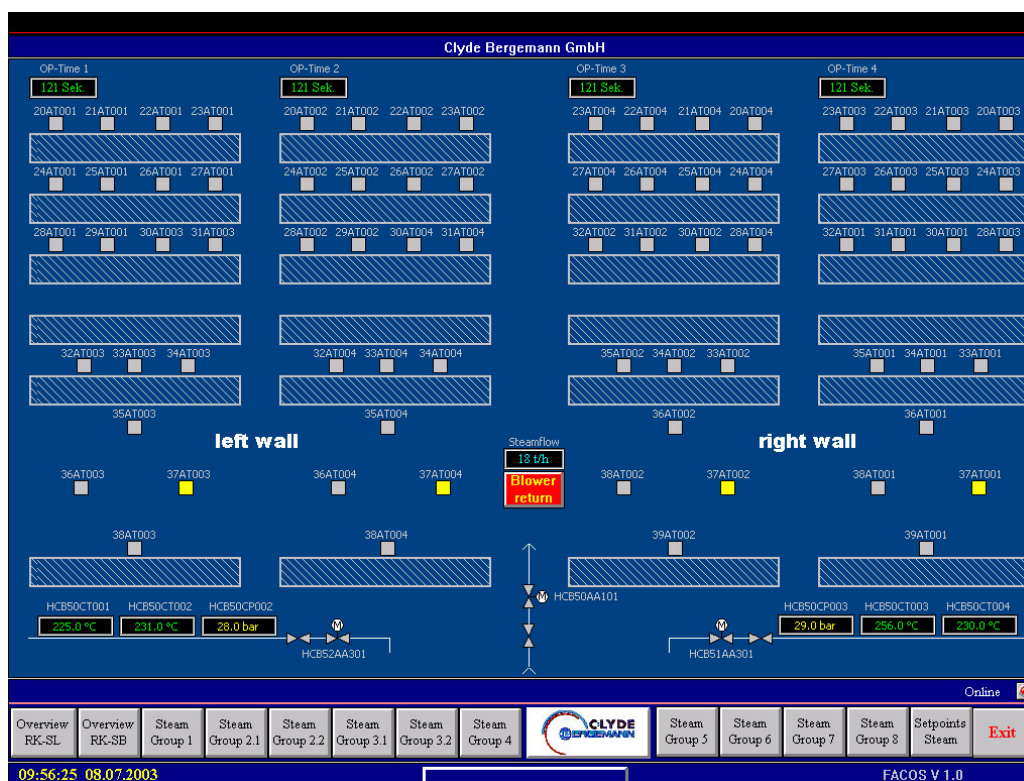


Рис. 27 Общий вид аппаратов RK-SB, установленных в конвективных шахтах

Управление может вестись через интерфейс управления и наблюдения базирующийся на персональном компьютере, а также будет осуществлена возможность управления через АСУ ТП котла от фирмы SIEMENS – TLEPERM XP-R.

В ходе наладочных работ и последующей, опытной эксплуатации были внесены дополнения в схемы очистки аппаратами водяной пушки, для обеспечения лучшего качества очистки всех экранных поверхностей.

3.3 Заключение

Экспертный анализ, расчеты зон эффективной очистки и тепловые расчеты котла, показали, что новая система очистки обеспечивает базовую нагрузку блока не менее 700 МВт, позволит исключить вынужденные остановки на механическую очистку КПП, КВП и ремонт шнеков холодной воронки. КПД котла, по расчетам испытаний проведенных в июле и августе, увеличился приблизительно на 1%.