

АО «Сибтехэнерго»

Инженерная фирма по наладке,  
совершенствованию технологий и эксплуатации  
электро- энергооборудования предприятий и систем



---

**Пневмо-  
импульсные  
технологии**





	№ слайдов
1. История развития пневмоимпульсной техники	3
2. Импульсные технологии	4
3. Основы пневмоимпульсной технологии	5-7
4. Система ПИО поверхностей нагрева котлоагрегата	8-9
5. Назаровская ГРЭС	10
6. Ново-Кемеровская ТЭЦ	11
7. Беловская ГРЭС	12
8. Краснокаменская ТЭЦ	13
9. Показатели ПИО по результатам эксплуатации	14
10. Реализованные проекты	15-17
11. Отзывы и статьи	18



# 1. История развития пневмоимпульсной технологии

Пневмоимпульсные устройства были разработаны в Институте теоретической и прикладной механики СО РАН (ИТПМ СО РАН). С 2009 году компания АО «Сибтехэнерго» начала сотрудничество с ИТПМ СО РАН по разработке и внедрению систем пневмоимпульсной очистки на базе разработанных пневмоимпульсных устройств.

С начала 2015 года в АО «Сибтехэнерго» организовано производство пневмоимпульсных генераторов ПГ-25/8. С этого момента АО «Сибтехэнерго» взяло на себя ответственность за разработку и внедрение систем пневмоимпульсной очистки на предприятиях энергетической, металлургической и горнодобывающей промышленности.

В 2015-16 гг. АО «Сибтехэнерго» разработана автоматическая система управления для пневмоимпульсной очистки поверхностей нагрева котлоагрегатов, доработана конструкция пневмогенераторов ПГ-25/8 с учетом требований их использования на энергетических котлоагрегатах, получен патент и документы соответствия требованиям технических регламентов Таможенного союза.

В 2016 году система пневмоимпульсной очистки на основе пневмогенераторов ПГ-25/8 была установлена на котле ТП-87 ст. №16 Ново-Кемеровской ТЭЦ. Система предназначалась для предупреждения шлакования змеевиков 3,4,5 ступеней конвективного пароперегревателя, расположенного в горизонтальном газоходе. На котле установлено 36 пневмогенераторов ПГ-25/8.

В 2019 году система ПИО установлена на котле ТП-87 ст. №15 Ново-Кемеровской ТЭЦ. Система предназначалась для предупреждения шлакования змеевиков КПП и трубных поверхностей ВЭК 2-ой ступени. На котле установлено 44 пневмогенератора ПГ-25/8.

В конце 2020 года система ПИО установлена на котле ПК-40-1 Беловской ГРЭС. Система предназначалась для предупреждения шлакования трубных поверхностей конвективного первичного пароперегревателя котла ТП-87 Беловской ГРЭС. Всего установлено 12 пневмогенераторов ПГ-25/8.

В 2022 году системы ПИО установлены на котле ТП-87 ст. №14 Ново-Кемеровской ТЭЦ, дубли-блоках №4,6 Беловской ГРЭС, котле ПК-38 ст. №6А Назаровской ГРЭС.

В 2023 году системы ПИО установлены на котлах ПК-38 ст. №№1А, 2Б, 3Б, 5А Назаровской ГРЭС.

Системы пневмоимпульсной очистки, установленные АО «Сибтехэнерго», продолжают свою работу в настоящее время. Их эффективность подтверждена испытаниями, проведенными независимыми организациями, а также эксплуатацией котлов.



### **Основные способы создания импульсных струйных течений:**

- газоимпульсный способ: используется энергия горения газовых смесей
- «холостой выстрел»: используется энергия горения пороха;
- пневмоимпульсный способ: используется энергия сжатого воздуха.

### **Отличительные особенности импульсных газовых струй**

- диапазон запасаемой энергии до 50 кДж;
- удельный расход рабочего газа до 100 кг/с;
- широкий диапазон регулирования интенсивности воздействия;
- техническая простота исполнительных устройств;
- небольшая материалоемкость и малое энергопотребление;
- простота управления и возможности автоматизации.

### **Основные направления промышленного применения**

- интенсификация технологических процессов;
- разрушение слежавшихся сыпучих материалов;
- очистка и удаление технологических отложений.



### 3. Основы пневмоимпульсной технологии

#### Принцип действия

- Пневмоимпульсная технология основана на кратковременном воздействии мощных газовых струй, которые создаются при помощи специальных пневмоимпульсных генераторов

#### Основные направления применения пневмоимпульсных генераторов



- Очистка конвективных поверхностей (экономайзеров, пароперегревателей и др.) котлов всех типов;
- Очистка конвективных экранных и ширмовых поверхностей котлоагрегатов всех типов;
- Очистка трубных поверхностей котлов малой и средней мощности, котлов-утилизаторов металлургической, химической и нефтехимической промышленности;
- Расшлаковка надгорелочных козырьков;
- Очистка теплообменников различных конструкций и размеров;
- Устранение зависания и налипания на стенках бункеров и емкостей (силосов, течек и пр.);
- Очистка внутренних поверхностей трубопроводов.



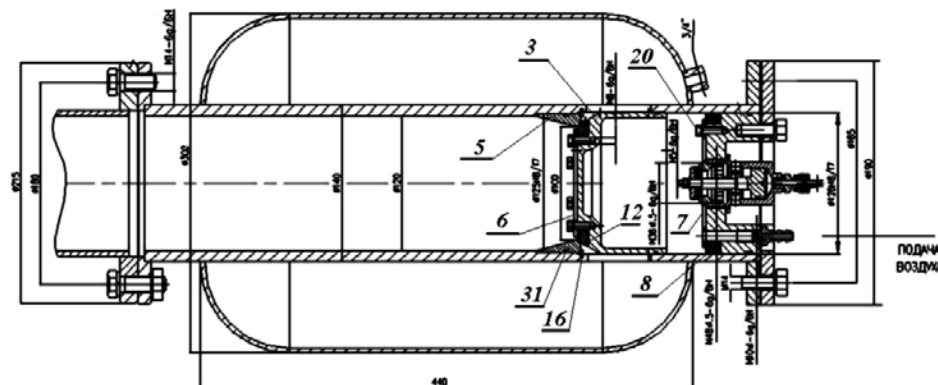
### 3. Основы пневмоимпульсной технологии

Устройство для очистки поверхностей нагрева  
энерготехнологического оборудования.

Патент РФ №170745 от 10.06.2016

Пневмоимпульсный генератор ПГ–25/8

- Объем форкамеры 25 дм<sup>3</sup>;
- Диаметр выхлопного отверстия 120 мм;
- Рабочее давление до 8 атм;
- Время открывания клапана 4 мс;
- Продолжительность истечения воздуха 40 мс;
- Диапазон запасаемой энергии до 50 кДж;
- Удельный расход рабочего газа до 100 кг/с;
- Широкий диапазон регулирования интенсивности воздействия;
- Техническая простота исполнительных устройств;
- Небольшая материалоемкость и малое энергопотребление;
- Простота управления и возможность автоматизации.







### 3. Основы пневмоимпульсной технологии

Типичная картина течения рабочего газа при мгновенном открытии выхода импульсной газодинамической установки показано на рис. 1. Вначале по невозмущенному пространству движется сферическая ударная волна, статическое давление за которой резко возрастает. За головной волной движется узконаправленная нестационарная газовая струя, в которой наблюдается чередование сверхзвуковых и дозвуковых зон, разделенных ударными волнами. По мере истечения газа его давление уменьшается и происходит соответствующая плавная перестройка вытекающей струи.

Исходя из физической картины возникновения импульсной струи, становится понятным, что на отложения последовательно действуют ударное и струйное газодинамические воздействия.

Звуковое давление 150 дБ в ряде литературных источников, рекомендуется в качестве минимального давления, необходимого для разрушения золотых отложений. На рис. 3 видно, что минимальное давление, соответствующее 150 дБ, обеспечивается на расстоянии 6,5 м.

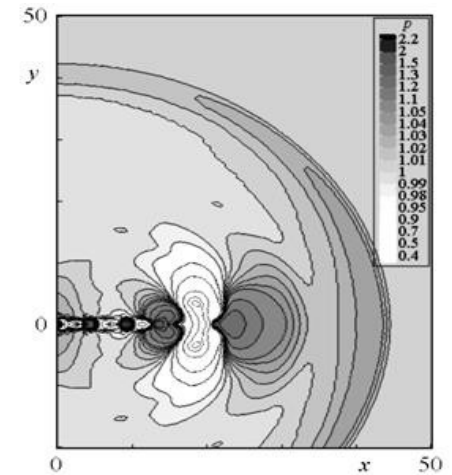


Рис. 1. Распределение давления при формировании импульсной струи.

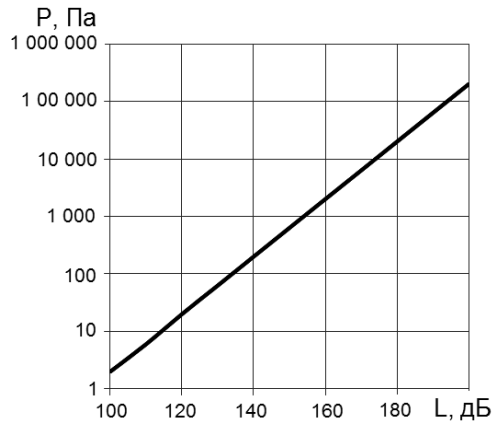


Рис. 2. Соответствие между давлением и относительным звуковым давлением

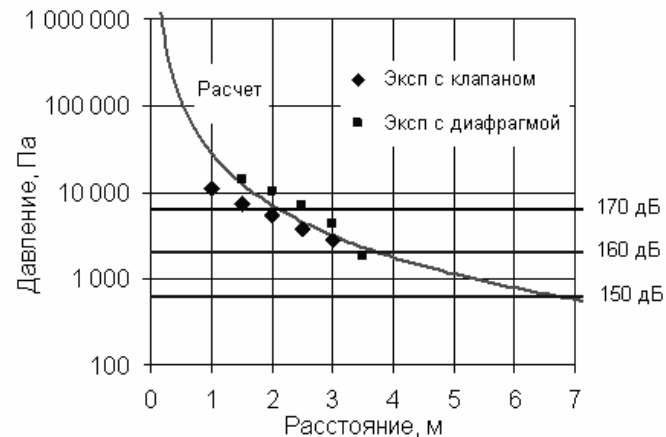


Рис. 3. Давление за ударной волной  $V_0 = 7 \text{ дм } 3$  ;  $P_0 = 2 \text{ МПа}$  ;  $D = 40 \text{ мм}$



### Альтернативные способы очистки поверхностей нагрева

Метод очистки	Основные недостатки
<b>1. Глубоко выдвижные аппараты типа ОГ на паре</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– сложности (зачастую невозможность) размещения по условиям компоновки;</li><li>– высокая стоимость установки и эксплуатации.</li></ul>
<b>2. Газоимпульсная очистка</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– опасность использования;</li><li>– трудности с автоматизацией и компоновкой большого количества камер.</li></ul>
<b>3. Генераторы ударных волн с пороховыми зарядами</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– невозможность автоматизации;</li><li>– организационные трудности при использовании пороховых зарядов.</li></ul>
<b>4. Дробеочистка</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– сложное и энергозатратное устройство.</li></ul>

### Преимущества ПИ системы обдувки конвективных поверхностей нагрева к/а:

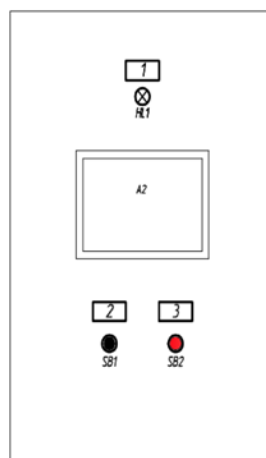
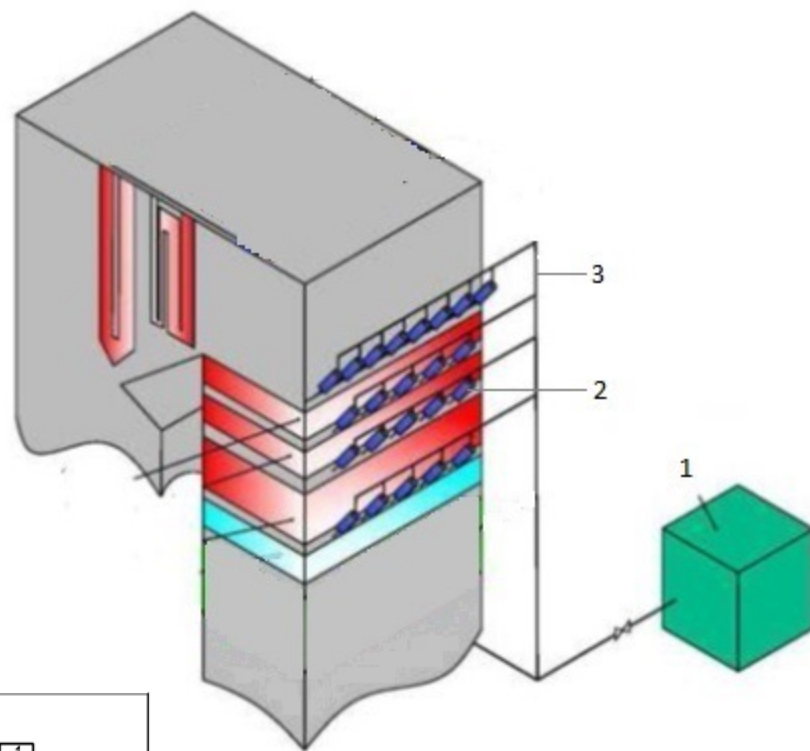
- простота в эксплуатации;
- возможность полностью автоматизировать процесс очистки;
- использование в качестве рабочего агента воздуха, что делает систему абсолютно безопасной для обслуживающего персонала.





**Система пневмоимпульсной обдувки включает в себя следующие элементы:**

- Источник сжатого воздуха - компрессор (1);
- Пневмоимпульсные генераторы (2);
- Трубопровод сжатого воздуха (3);
- Шкаф управления и автоматики (4).



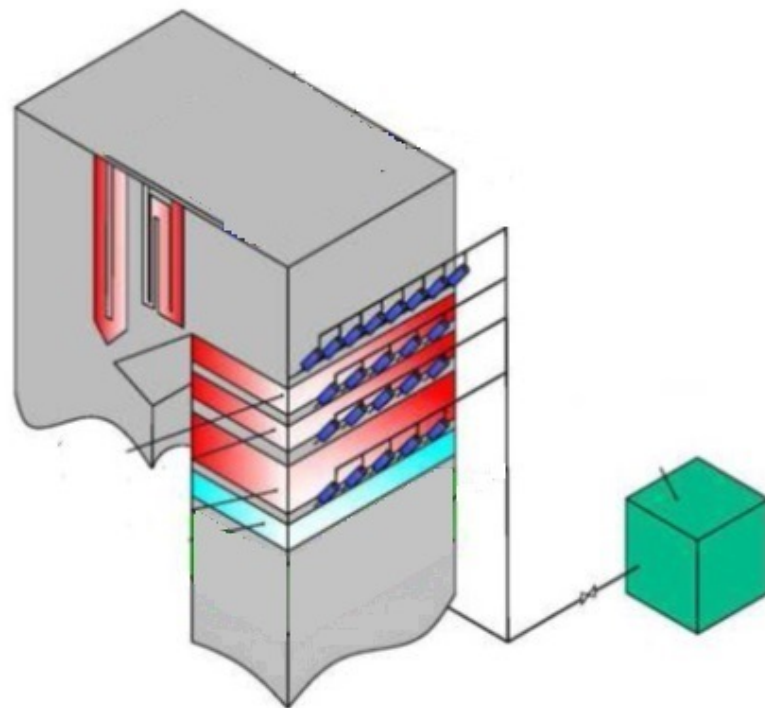
1 – световой индикатор «Питание» (HL1); 2 – кнопка без фиксации «ПУСК» (SB1); 3 – кнопка без фиксации «СТОП» (SB2); A2 – панель оператора.

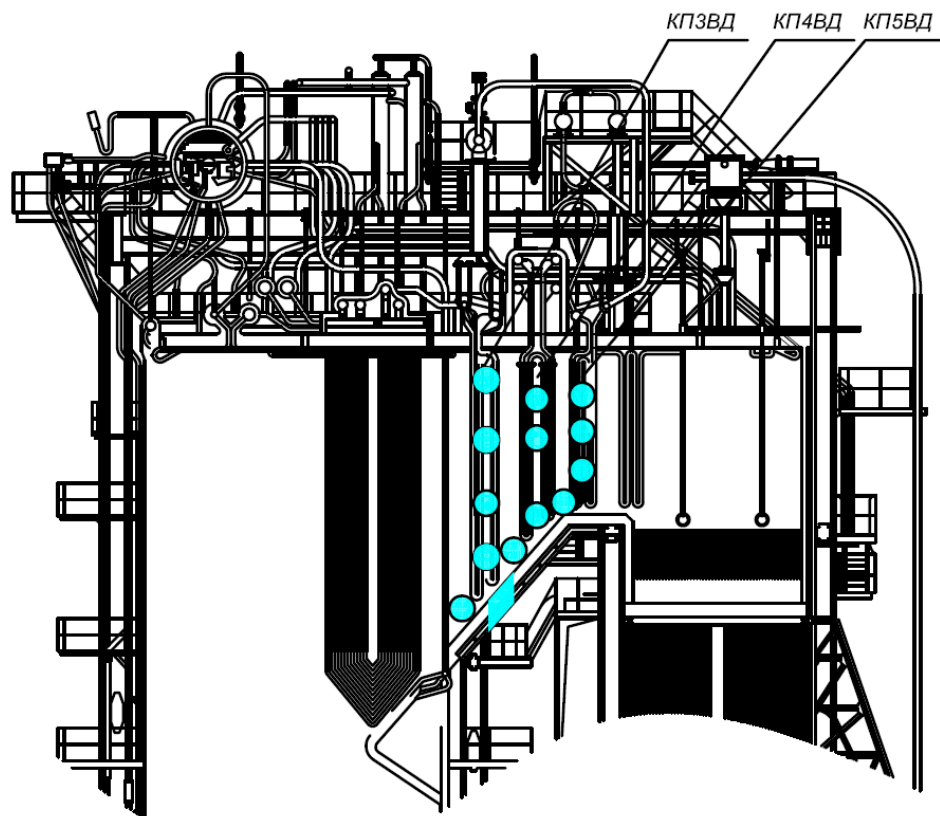


Система ПИО установлена на котлах ла ПК-38 Назаровской ГРЭС ст. №1А, 2Б, 3Б, 5А, 6А. На каждом котле установлено по 52 пневмоимпульсных генератора (ПИГ), служащих для очистки конвективных поверхностей нагрева, в том числе:

- 18 ПИГ – конвективный пароперегреватель;
- 12 ПИГ – переходная зона пароперегревателя
- 12 ПИГ – промежуточный перегреватель верхняя секция;
- 10 ПИГ – Промежуточный перегреватель нижняя секция;

Режим работы систем – циклический круглосуточный. Период срабатывания – от 10 минут





Система ПИО поверхностей нагрева 3, 4, 5 ступеней конвективного пароперегревателя котла ТП-87 Ново-Кемеровской ТЭЦ установлена на котлах ст. №14, 15, 16.

На каждом котле установлено по 44 пневмоимпульсных генератора (ПИГ).

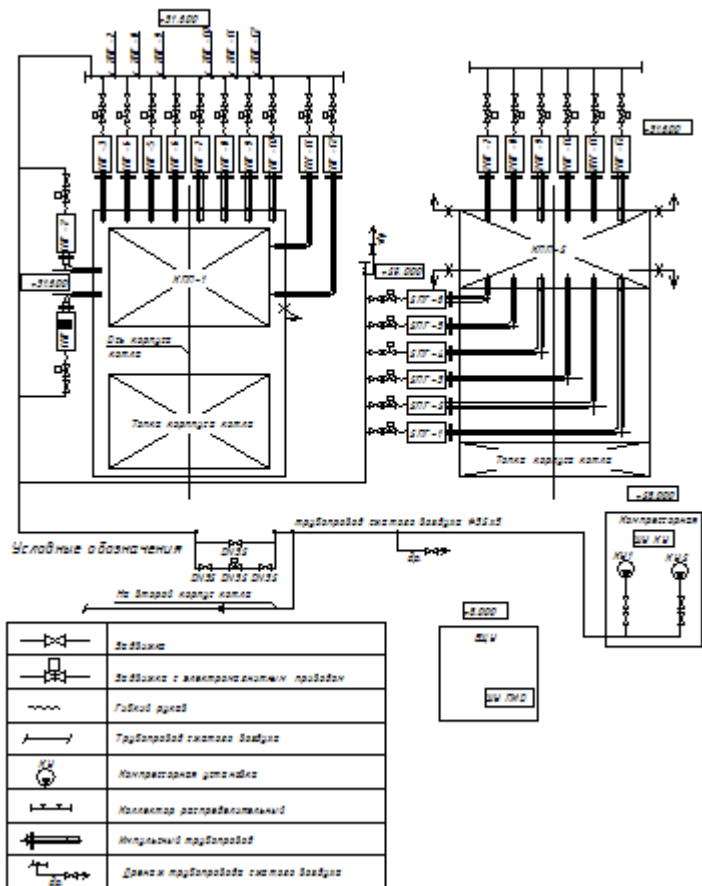
В результате работы системы получены следующие результаты:

- котлоагрегат может стабильно нести нагрузку 380-420 т/ч;
- температура газов перед пароперегревателем ниже температуры размягчения золы;

Режим работы – циклический круглосуточный. Период срабатывания – 30 мин.



Принципиальная схема системы пневмоимпульсной очистки котла ПК-40-1 Беловской ГРЭС



Система ПИО котла ПК-40-1 Беловской ГРЭС предназначена для очистки поверхностей нагрева первичного и вторичного конвективного пароперегревателя.

Системы ПИО установлены на котлах ст. №4А, 4Б, 6А, 6Б. На каждом котле установлено 12 пневмоимпульсных генераторов (ПИГ).

Режим работы – циклический круглосуточный. Период срабатывания – 20 мин.

По результатам работы системы ПИО на котле ст. №6Б специалистами СНИТО АО «СибИАЦ» были сделаны следующие выводы:

- применение системы ПИО позволило увеличить межшлаковочный период работы корпуса в 2,36 раза;
- система ПИО показала свою эффективность в части увеличения сроков работы котла в совокупности с использованием штатных аппаратов обдувки, без наличия скачкообразного золового заноса.



Система ПИО козырьков холодной воронки котла  
БКЗ-320-140

Краснокаменской ТЭЦ.

Всего установлено 6 пневмоимпульсных  
генераторов (ПИГ).

В результате работы системы получены  
следующие результаты:

- массовое шлакование холодной воронки  
отсутствует;
- котлоагрегат может нести нагрузку 290-320 т/ч  
стабильно.

Система работает с 2015 года. Режим работы –  
циклический круглосуточный. Период  
срабатывания – 2 часа.



### **Основные показатели системы ПИО поверхностей нагрева по результатам эксплуатации**

- экономия топлива в связи с повышением КПД котлоагрегата;
- предотвращение недоотпуска энергии;
- снижение потерь топлива, связанное с предотвращением отказов оборудования;
- изменение амортизационных отчислений;
- снижение затрат на электроэнергию

## 10. Реализованные проекты



### Список предприятий на которых реализована система ПИО на котлоагрегатах

Объект	Оборудование	Кол-во ПИГ, шт.
ОАО «ОТЭК» филиал ГК «Росатом», Краснокаменская ТЭЦ	– Установлена система ПИО для расшлаковки козырьков нижнего дутья холодной воронки котла БКЗ-320-140	– 6
Ново-Кемеровская ТЭЦ	– Установка системы ПИО для очистки 3-й, 4-й, 5-й ступеней ширмового пароперегревателя котла ТП-87 ст. №16	– 36
Ново-Кемеровская ТЭЦ	– Установка системы ПИО для очистки 3-й, 4-й, 5-й ступеней ширмового пароперегревателя и 2-ой ступени водяного экономайзера котла ТП-87 ст. №15	– 44
Ново-Кемеровская ТЭЦ	– Установка системы ПИО для очистки 3-й, 4-й, 5-й ступеней ширмового пароперегревателя и 2-ой ступени водяного экономайзера котла ТП-87 ст. №14	– 44
Беловская ГРЭС	– Установка системы ПИО для очистки конвективного первичного пароперегревателя корпуса котла ПК-40-1 ст. №6А	– 12





## Список предприятий на которых реализована система ПИО на котлоагрегатах

Объект	Оборудование	Кол-во ПИГ, шт.
Беловская ГРЭС	– Установка системы ПИО для очистки конвективного первичного и вторичного пароперегревателя корпуса котла ПК-40-1 ст. №6Б	– 24
Беловская ГРЭС	– Установка системы ПИО для очистки конвективного первичного и вторичного пароперегревателя котла ПК-40-1 ст. №4	– 48
Назаровская ГРЭС	– Установка системы ПИО для очистки конвективного пароперегревателя, переходной зоны и промежуточного пароперегревателя котла ПК-38 ст. №6А	– 44
Назаровская ГРЭС	– Установка системы ПИО для очистки конвективного пароперегревателя, переходной зоны и промежуточного пароперегревателя котла ПК-38 ст. №1А	– 52
Назаровская ГРЭС	– Установка системы ПИО для очистки конвективного пароперегревателя, переходной зоны и промежуточного пароперегревателя котла ПК-38 ст. №2Б	– 52



## Список предприятий на которых реализована система ПИО на котлоагрегатах

Объект	Оборудование	Кол-во ПИГ, шт.
Назаровская ГРЭС	– Установка системы ПИО для очистки конвективного пароперегревателя, переходной зоны и промежуточного пароперегревателя котла ПК-38 ст. №3Б	– 52
Назаровская ГРЭС	– Установка системы ПИО для очистки конвективного пароперегревателя, переходной зоны и промежуточного пароперегревателя котла ПК-38 ст. №5А	– 52



## 11. ОТЗЫВЫ И СТАТЬИ

---

- «Исследование эффективности пневмоимпульсной очистки ширмовых поверхностей котла ПК38 Назаровской ГРЭС.» Журнал ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА, 2014, № 9;
- «Отзыв», Омский филиал ООО «КВАРЦ групп» (котел БКЗ-320-140 Краснокаменская ТЭЦ);
- «Отчет по результатам оценки эффективности работы обдувочных аппаратов на котле ст. №16 Ново-Кемеровской ТЭЦ при работе с номинальной нагрузкой», АО «СИБИАЦ», Кемерово, 2019 г.
- «Заключение по результатам испытаний пневмоимпульсной очистки (ПИО) поверхностей нагрева конвективного пароперегревателя котла типа ПК-40-1 ст. №6 К-6Б Беловской ГРЭС», АО «СИБИАЦ», Кемерово, 2021 г.



---

**Спасибо за внимание.**

**АО «Сибтехэнерго»**

Новосибирск, ул. Планировочная, 18/1

<http://www.sibte.ru/>

E-mail: [sibte@sibte.ru](mailto:sibte@sibte.ru)