

ОАО «Подольский машиностроительный завод» (ОАО «ЗиО») в программе инновационных технологий и импортозамещения



В. Г. Даниленко,
к. т. н., к. э. н., заслуженный
машиностроитель РФ, академик РАЕН,
генеральный директор
ОАО «Подольский машино-
строительный завод» (ОАО «ЗиО»),
Московская область, г. Подольск



Е. А. Фадеев,
к. т. н., лауреат государственной
премии, заслуженный машино-
строитель СССР, зам. генерального
директора по инновационным
проектам ОАО «Подольский машино-
строительный завод» (ОАО «ЗиО»),
Московская область, г. Подольск
efadeev@podolskmash.ru,
efadeev@mail.ru



Ю. В. Петров,
лауреат премии Правительства РФ,
зам. генерального директора
ОАО «Подольский
машиностроительный завод»
(ОАО «ЗиО»), Московская область,
г. Подольск



А. Р. Квришвили,
к. т. н., генеральный конструктор
ОАО «Подольский машиностроитель-
ный завод» (ОАО «ЗиО»), Московская
область, г. Подольск



Ф. А. Серант,
д. т. н., лауреат премии
Правительства РФ, заслуженный ра-
ботник ЕЭС России, почетный энерге-
тик РФ, зам. генерального директора
ЗАО «ЗиО-КОТЭС», г. Новосибирск



Д. Ф. Серант,
председатель совета директоров
ЗАО «КОТЭС», г. Новосибирск

Приведено описание конструкции котла Е-820-13,8-560БТ с инновационной кольцевой топкой и результаты его испытаний и эксплуатации в течение 52 тыс. часов на Ново-Иркутской ТЭЦ. Отмечено, что котел соответствует заявленным показателям и может нести длительную нагрузку в бесшлаковочном режиме. Предложено использовать подобные котлы с кольцевой топкой как для новых блоков мощностью 200 МВт и более, так и при их установке в существующую ячейку вместо отработавших свой ресурс котлов. Рекомендуется провести проектно-конструкторские и исследовательские работы по применению кольцевой топки в прямоточных котлах для более мощных энергоблоков (330-800 МВт). Кольцевая топка позволяет уменьшить: высоту котла на 40%, расход экранных труб на 15% и выход NOx в 2 раза до 400 мг/м³ только топочными процессами. С применением подачи в сопла верхней части топки горячего воздуха в количестве 10% общего расхода воздуха на котел (третичное дутье) выход из котла NOx снижается до 300 и менее мг/м³ при сжигании топлива с большим содержанием азота. При сжигании более благородных топлив выход NOx может быть значительно ниже 300 мг/м³.

Приведено описание конструкций котлов-утилизаторов к газотурбинным агрегатам, сухих вентиляторных градирен для крупных энергоблоков, а также и круглых и прямоугольных запорных, регулирующих клапанов для пылегазовоздушных трактов большого сечения, выполненных по собственному инженерингу без привлечения иностранных компаний в порядке импортозамещения.

Ключевые слова: котел с инновационной кольцевой топкой, импортозамещение, котлы-утилизаторы, сухие вентиляторные градирни, клапаны пылегазовоздушных трактов.

ОАО «Подольский машиностроительный завод» (ОАО «ЗиО») в настоящее время состоит из группы компаний:

- ОАО «Подольский машиностроительный завод» (ОАО «ЗиО»);

- ЗАО «ЗиО-КОТЭС»;
- ОАО «Каширский завод металлоконструкций и котлостроения»;
- ЗАО «Стройтехника»;
- ЗАО «КОТЭС».

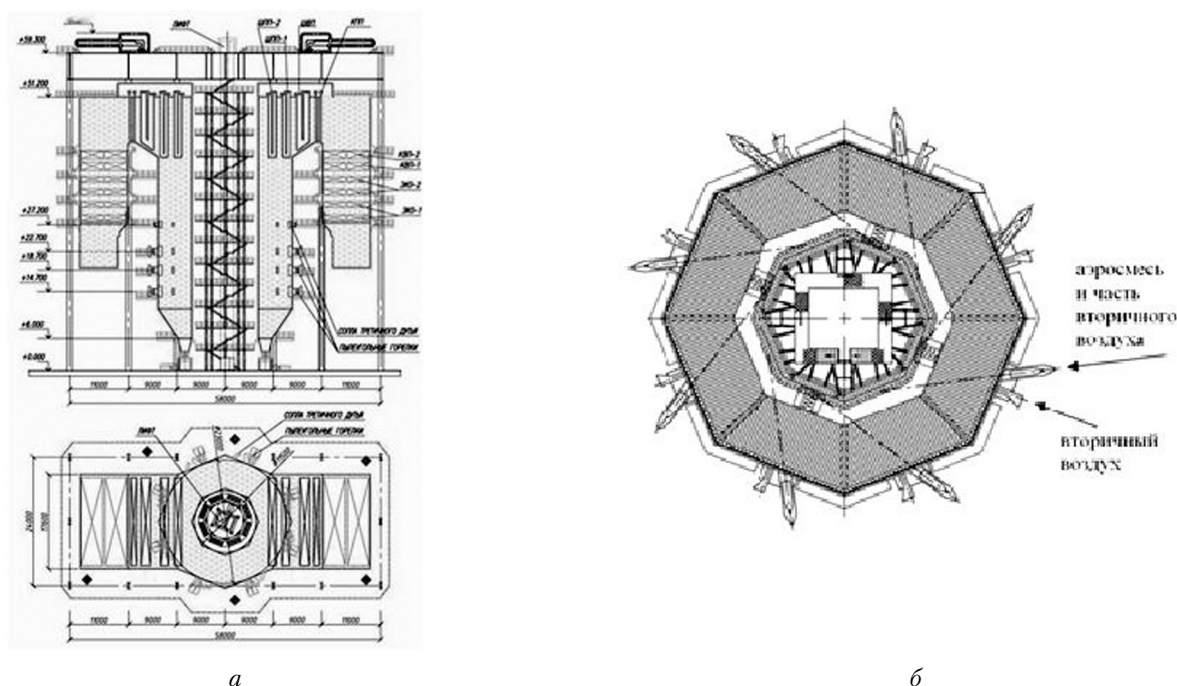


Рис. 1. Общий вид котла с кольцевой топкой по типу Пп-1800-27,0-610/610 для энергоблока 660 МВт (а) и кольцевая топка этого котла (б)

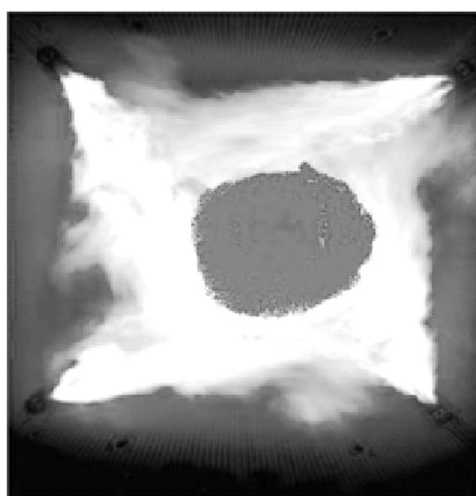
Подольский машиностроительный завод под названием «Подольский паровозоремонтный завод» был образован в 1919 г. В 1939 г. заводу присвоено имя Серго Орджоникидзе, что предопределило ему в дальнейшем мировую марку «ЗиО». С 1943 г. завод занимается проектированием, изготовлением, поставкой, шеф-монтажем и шеф-наладкой паровых и водогрейных котлов, работающих на различных видах топлива (газообразном, жидком и твердом).

На сегодняшний день под маркой «ЗиО» спроектировано, изготовлено и поставлено более 900 котлов различной мощности и параметров, вплоть до суперсверхкритических для 190 отечественных и зарубежных тепловых электростанций общей мощностью более 75 тыс. МВт. Максимальная паропроизводительность изготовленного котла

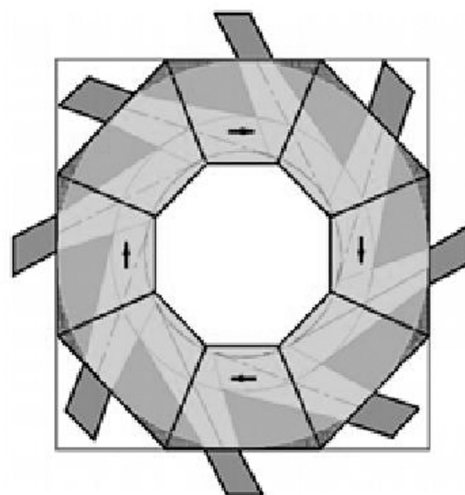
для энергоблока мощностью 800 МВт 2100 т пара в час.

Завод спроектировал и поставил более 100 котлов-утилизаторов (КУ) для работы в составе парогазовых (ПГУ) и газотурбинных (ГТУ) ТЭЦ различной мощности.

В течение более 20 лет активно сотрудничает с фирмами ЗАО «КОТЭС» и ЗАО «ЗиО-КОТЭС» (г. Новосибирск), создавшими котел Е-820-13,8-560БТ с инновационной кольцевой топкой. Этот котел в промышленной эксплуатации надежно работает более 12 лет на Ново-Иркутской ТЭЦ при сжигании разных бурых углей. Имеет наработку более 52 тыс. часов, работая только в отопительный сезон. В последние годы ОАО «ЗиО» совместно с ЗАО «КОТЭС» и ЗАО «ЗиО-КОТЭС» выполнил несколько проектов котлов



а



б

Рис. 2. Аэродинамика факела в тангенциальной (а) и кольцевой (б) топке

с кольцевой топкой для энергоблоков 200-800 МВт (рис. 1).

В настоящее время в России актуальной задачей является создание угольного котла с низкими выбросами оксидов азота и расширением гаммы (линейки) сжигаемых углей на одной и той же конструкции топки. Снижение выбросов оксидов азота возможно осуществить применением малотоксичных вихревых горелок или организацией вихревого движения в тангенциальной топке с прямоточными горелками. В последнем случае, как показали результаты моделирования и натурных исследований в центре топки образуются малопроточные «застойные зоны» (рис. 2, а).

Ф. А. Серантом (д. т. н.) предложена идея заполнить эту «застойную зону» в центре дополнительными поверхностями нагрева и срезать углы топки (рис. 2, б).

В результате в такой топке, получившей название кольцевой, образуется вращательное движение факела между внешней и внутренней стенками, что интенсифицирует теплообмен от топочной среды к стенкам до 15%, а также обеспечивает высокую равномерность (до 90%) тепловосприимчивости экранов и температуры факела по периметру топки за счет равномерного омывания экранов потоком топочных газов. Все это позволяет снизить высоту топки и в целом котла на 30-40%, уменьшить массу металла экранных труб на 15-20%, существенно снизить температуру факела (до 1200-1250°C вместо обычных 1400-1600°C) и обеспечить температуру дымовых газов на выходе из топки ниже 1000°C. Благодаря этому снижается риск шлакования топки и котла в целом и резко уменьшается количество образующихся термических оксидов азота (NO_x). Кроме того за счет установки во внутренней шахте мощного центрального пилона существенно облегчается решение строительных и опорно-подвесных конструкций котла, а также его ремонта.

Головной опытно-промышленный котел Е-820-13,8-560БТ (ст. № 8) с кольцевой топкой паропроизводительностью 820 т/ч с давлением пара 13,8 МПа и температурой пара 560°C с естественной циркуляцией и Т-образной компоновкой был изготовлен в 1997 г. и установлен на Ново-Иркутской ТЭЦ (рис. 3). Сибирское отделение института ВНИПИЭнергопром (г. Иркутск) выполнило проект установки котла в главном корпусе в ячейке шириной — 60 м, глубиной — 45 м и высотой — 60 м, предназначенной ранее

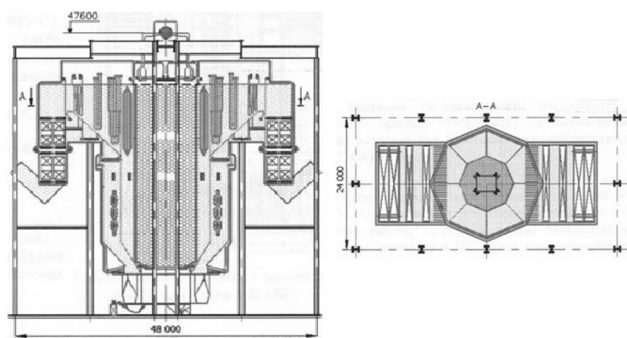


Рис. 3. Общий вид котла Е-820 с кольцевой топкой на Ново-Иркутской ТЭЦ

для традиционного котла паропроизводительностью 500 т/ч. Следует отметить, что максимальная отметка котла Е-820 примерно на 20 м ниже аналогичного (по тепловой мощности) котла с обычной топкой.

Котел был рассчитан на сжигание в режиме твердого шлакоудаления бурых углей Канско-Ачинского бассейна (Березовского и Ирша-Бородинского), а также Азейского угля. В 1998г. проведены режимно-балансовые испытания котла при сжигании Азейского угля, а в 1999г. — при сжигании Ирша-Бородинского угля. В настоящее время котел с высокой экономичностью (КПД брутто 93-93,5%) и надежностью сжигает 5 марок бурых углей.

Проведенные в начале 2000-х гг. испытания котла в диапазоне нагрузок от 500 до 920 т/ч при сжигании Азейского и Ирша-Бородинского углей подтвердили работоспособность и заявленные проектные показатели кольцевой топки. По данным испытаний:

- КПД котла — не менее 93%;
- концентрация NO_x — примерно 350-450 мг/м³ при коэффициенте избытка воздуха за пароперегревателем 1,25-1,35, что в 1,5-2 раза ниже, чем на соседних котлах;
- максимальная температура факела в топке — менее 1200°C; температура газов на выходе из топки — около 1000°C (рис. 4);
- равномерность распределения температуры факела по периметру топки в зоне максимального тепловыделения составляют менее 10%.

В 2003 г. котел с кольцевой топкой введен в промышленную эксплуатацию.

Вторым новым проектом для ОАО «ЗиО» в порядке импортозамещения являются котлы-утилизаторы (КУ) спроектированные для работы с газотурбинными агрегатами в условиях открытой компоновки (без здания) и закрытой компоновки. Они оснащаются системами дожига, дополнительными системами

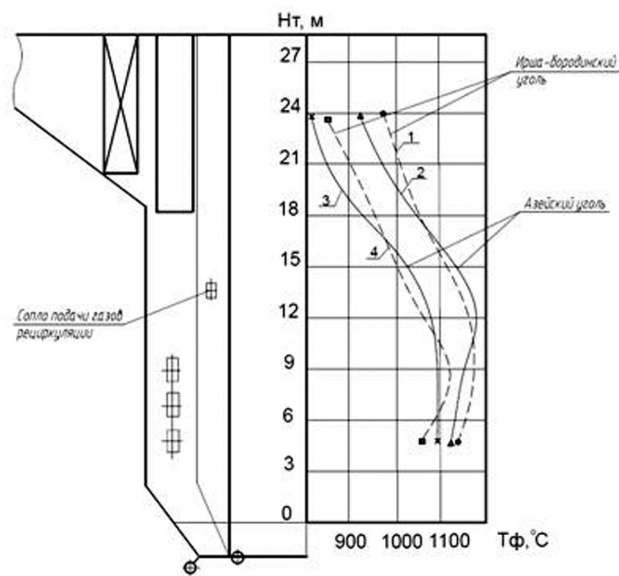


Рис. 4. Распределение температур по высоте топочной камеры котла Е-820-13,8-560. Сплошные линии — азейский уголь; пунктирные — ирша-бородинский
 ○ $D_K=791$ т/ч; △ $D_K=805$ т/ч;
 □ $D_K=472$ т/ч; × $D_K=477$ т/ч

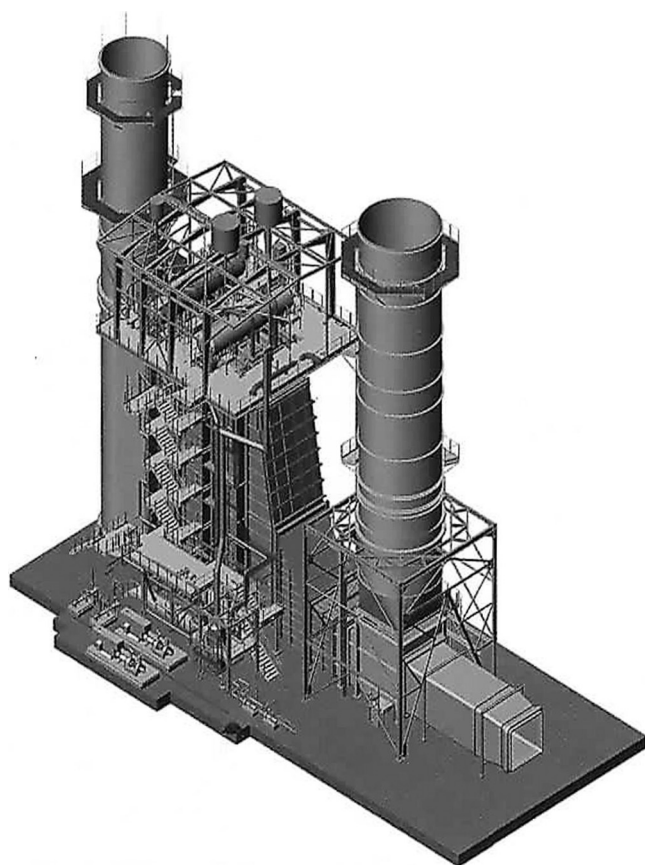


Рис. 5. Горизонтальный котел-утилизатор для работы с ГТУ типа 6FA

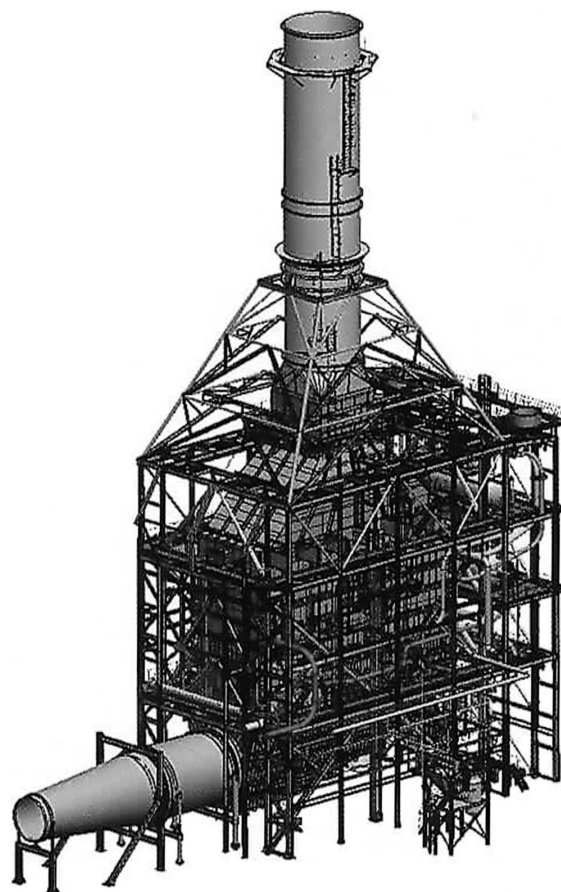


Рис. 6. Вертикальный котел-утилизатор для работы с ПГУ типа ГТЭ-160

утилизации тепла и байпасными системами. По конструкции КУ могут выполняться как с вертикальной компоновкой, так и с горизонтальной, причем для любого типа и мощности газотурбинных агрегатов (рис. 5, 6).

Все котлы-утилизаторы ОАО «ЗиО» выполнены по собственному инжинирингу без привлечения иностранных компаний, по российским стандартам и из российских материалов. Данное обстоятельство полностью соответствует политике импортозамещения, провозглашенной Правительством Российской Федерации.

Еще одной областью участия Подольского машиностроительного завода в политике импортозамещения является проектирование и производство «сухих вентиляторных градирен» (СВГ) для крупных энергоблоков (рис. 7). Ранее подобное оборудование было полностью зарубежной поставки. Преимущества использования СВГ проявляются при строительстве электростанций в районах с дефицитом водных и земельных ресурсов. Кроме того СВГ имеют экологически чистый процесс охлаждения, полностью отвечающий природоохранным требованиям.

Основные технологические показатели СВГ для блока ПГУ-235 МВт при работе в основном расчетном режиме $+35^{\circ}\text{C}$ и режиме с температурой окружающего воздуха $+38,3^{\circ}\text{C}$ представлены в табл. 1.

Секции водо-воздушных теплообменников СВГ выполнены из биметаллических труб с экструдиро-

ванным оребрением (рис. 8, 9). Материал трубы — углеродистая сталь, для оребрения используется алюминий.

Преимущества экструдированного оребрения:

- основная труба хорошо защищена от атмосферной коррозии;
- высокая прочность конструкции;
- хорошее очищение водой и паром.

Поток воздуха через теплообменники организуется расположенными в верхней части СВГ вентиляторами,

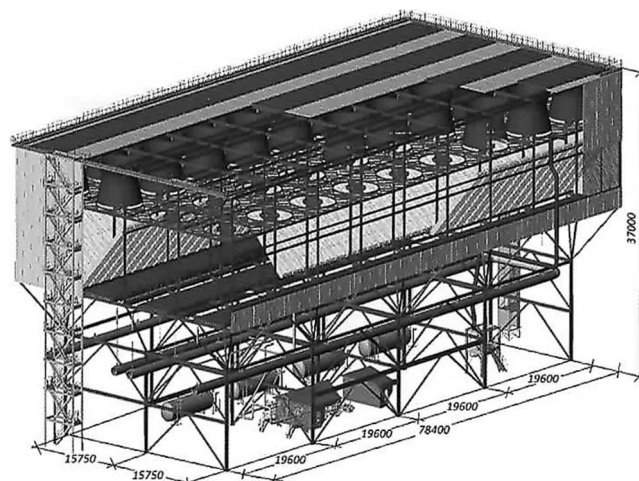


Рис. 7. Сухая вентиляторная градирня для энергоблока ПГУ-230 МВт

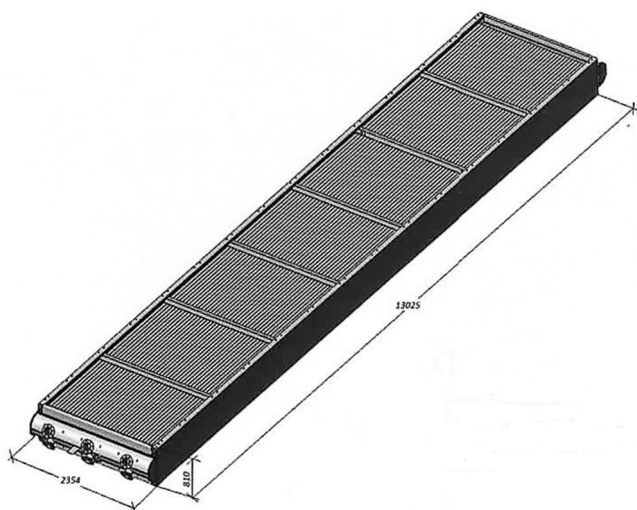


Рис. 8 Водно-воздушный теплообменник из труб с экструдированным оребрением

электродвигатели которых могут оснащаться частотно-регулируемым приводом.

Поддержка и регулирование температуры охлажденной воды в зависимости от температуры наружного воздуха достигается следующими методами:

- 1) путем изменения частоты вращения электродвигателя;
- 2) прикрытием охлаждающей поверхности с помощью жалюзи;
- 3) отключением вентилятора;
- 4) впрыском воды в воздушный поток (при высоких температурах наружного воздуха);
- 5) организацией рециркуляции охлаждающего воздуха.

Предлагаемые ОАО «ЗиО» сухие вентиляторные градирни могут использоваться как в основном контуре охлаждения (конденсатор паровой турбины), так и во вспомогательном контуре охлаждения.

Объем поставки СВГ включает все системы необходимые для нормальной эксплуатации, включая следующие элементы:

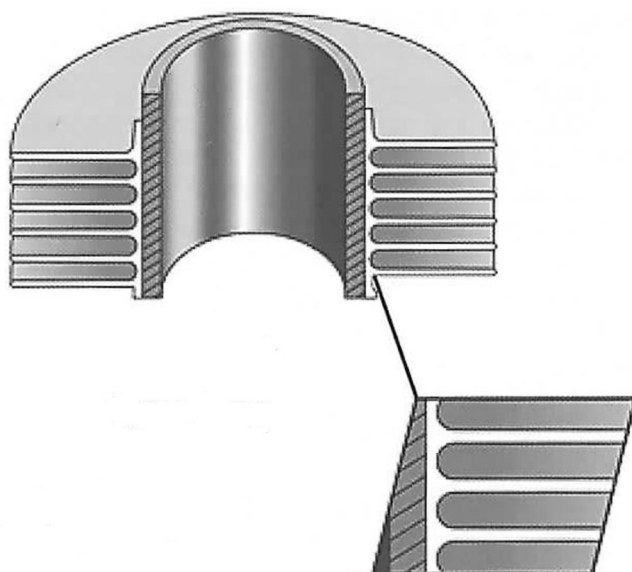


Рис. 9. Экструдированное оребрение трубы

Таблица 1

Основные технологические показатели СВГ для ПГУ-235 МВт при работе в основном расчетном режиме + 35°С и режиме с температурой окружающего воздуха до +38,3°С

№ п/п	Наименование параметра	Значение	
1	Контур охлаждения	Основное оборудование	
2	Режим работы	Сухой	Сухой
3	Справочные данные:		
3.1	Температура наружного воздуха, °С	+ 35	+38,3
3.2	Нагрузка СВГ, %	100	100
4	Расчетные показатели:		
4.1	Температура охлажденной воды, °С	45	48,3
4.2	Тепловая мощность СВГ, МВт (Гкал/ч)	169,6 (145,8)	169,2 (145,5)
4.3	Расход воды на увлажнение, м3/ч	0	0
5	Условия выполнения показателей:		
5.1	Расход циркуляционной воды, м3/ч	17 400	17400
5.2	Температура воды на входе в градирню, °С	53,5	56,8
5.3	Относительная влажность воздуха на входе в градирню, %	66	66
5.4	Атмосферное давление, мбар	1010	1010

- насосная станция;
- система парового или электрического обогрева;
- трубопроводы с регулирующей и запорной арматурой;
- система очистки;
- баки и емкости;
- система автоматического управления;
- электротехническое оборудование.

Многолетний опыт проектирования и производства аппаратов воздушного охлаждения для газоконденсаторных станций ОАО «Газпром», являющихся аналогом сухих вентиляторных градирен, позволяет Подольскому машиностроительному заводу уверенно предлагать поставку сухих вентиляторных градирен российского производства для строительства тепловых энергоблоков.

Оборудование с маркой «ЗиО» широко известно в России и за рубежом по своему техническому и технологическому уровню и соответствует международным стандартам качества. В целях расширения комплектной поставки был освоен ряд новых видов продукции в порядке импортозамещения, в том числе клапаны запорные и регулирующие прямоугольного и круглого сечения различного назначения для установки в пылегазовоздушных трактах как энергетических так и других производств (рис. 10, 11).

«ЗиО» изготовил и поставил более 1800 клапанов разных типоразмеров, в том числе для энергоблоков от 50 до 800 МВт и ряда других производств. За время работы клапаны показали высокие эксплуатационные качества и надежность. Клапаны предназначены для

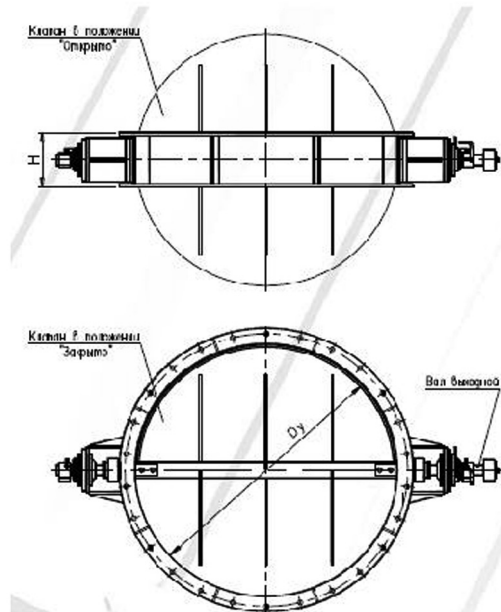


Рис. 10 Клапаны круглые запорные и регулирующие

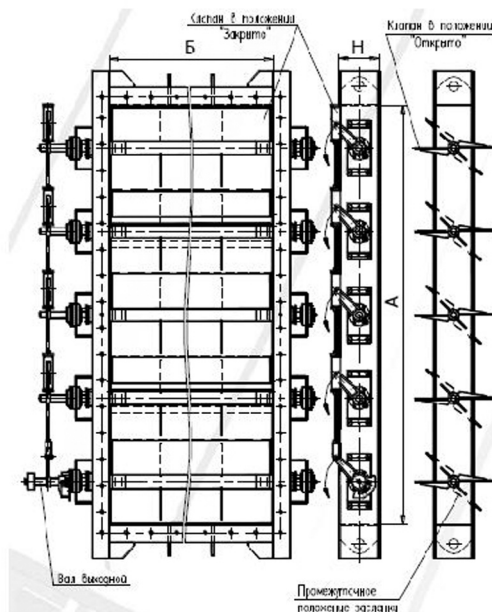


Рис. 11. Клапаны прямоугольные запорные и регулирующие

пылегазовоздухопроводов (ПГВП) котельных установок энергоблоков ТЭС с температурой перемещаемой среды до 550°C , давлением до 20 кПа и запыленностью до 100 г/м^3 . При полностью закрытом положении клапана допустимый пропуск рабочей среды при перепаде давления на нем до 10 кПа не превышает 4% от расчетного расхода.

Клапаны изолирующие предназначены для отключения отдельных участков пылегазовоздухопроводов при проведении ремонтных работ. При полностью закрытом положении заслонки и перепаде давления до 5 кПа, эти клапаны обеспечивают газоплотность не менее 99,9% от расчетного расхода среды.

По требованию Заказчика изготавливаются клапаны специального назначения, например, с температурой применения до 700°C . Установленный ресурс до капитального ремонта не менее 35000 часов при условии соблюдения правил эксплуатации. Нарботка на отказ не менее 4000 часов. Средний срок службы 30 лет, за исключением заслонок, работающих в пылегазовых потоках.

Выводы

1. Положительный длительный опыт эксплуатации в течение 52 тыс. часов и результаты проведенных испытаний опытно-промышленного котла с инновационной кольцевой топкой номинальной паропроизводительностью 820 т/ч — Е-820-13,8-560БТ на Ново-Иркутской ТЭЦ в диапазоне нагрузок от 500 до 920 т/ч при сжигании Азейского, Ирша-Бородинского и других бурых шлакующих углей подтвердили его работоспособность и заявленные проектные показатели. За счет снижения температуры факела в топке ($T_{\text{макс}}=1250^{\circ}\text{C}$)

удалось снизить загрязнение и шлакование топки, уменьшить образование оксидов азота NO_x до 400 мг/м^3 . Подача третичного воздуха выше основных горелок позволяет дополнительно снизить выбросы NO_x до 300 мг/м^3 и ниже. Котел работает надежно за счет равномерного обогрева поверхностей нагрева в топке котла и бесшлакового режима.

2. Котлы с инновационной кольцевой топкой целесообразно использовать для замещения существующих, отработавших свой ресурс и подлежащих замене котлов. Меньшие габариты и высота котлов с кольцевой топкой позволяют размещать подобные котлы в существующих ячейках главного корпуса с возможностью увеличения их производительности и параметров пара. Можно также рекомендовать применять котлы с кольцевой топкой для нового строительства угольных энергоблоков ТЭС мощностью 200 МВт и более.
3. Подольский машиностроительный завод в порядке импортозамещения проектирует и производит котлы-утилизаторы, оснащенные системами дожигания, дополнительными системами утилизации тепла и байпасными системами, позволяющими эксплуатировать ГТУ в режиме открытого цикла, а также проектирует и производит «сухие вентиляторные градирни», имеющие экологически чистый процесс охлаждения, полностью отвечающий природоохранным требованиям ССВП и специальные клапаны больших размеров для пылегазовоздушных трактов, выполненных по собственному инженерингу без привлечения иностранных компаний, по российским стандартам и из российских материалов для крупных энергоблоков.

Список использованных источников

1. Р. В. Губанов, В. А. Полосков, В. П. Сеннов, Ф. А. Серант. Двенадцатилетний опыт успешного освоения и работы котла Е-820 с кольцевой топкой//Электрические станции, № 11, 2012.
2. Ф. А. Серант, А. А. Смышляев. Котлы с кольцевой топкой//Академия энергетики. № 5, 6, 2007.
3. А. Е. Шейндлин, С. В. Алексеенко, Г. Г. Ольховский, А. Н. Тугов, В. М. Масленников, П. В. Росляков, Е. А. Фадеев, А. Р. Квривишвили, В. А. Полосков, И. В. Галас. Опыт работы котла с кольцевой топкой и перспективы его использования на угольных ТЭЦ//Электрические станции, № 9, 2015.
4. Ф. А. Серант, В. Г. Даниленко, Е. А. Фадеев, А. Р. Квривишвили, А. И. Цепенко, Ю. А. Ершов, Д. Ф. Серант, И. Ю. Белоруцкий. Перспективный котел с кольцевой топкой для угольных электростанций//Энергетик, № 12, 2015.
5. Ю. В. Петров. «ОАО «Подольский машиностроительный завод» в программе импортозамещения поставок энергетического оборудования//Автоматизация и ИТ в энергетике, № 8, 2015.

JSC «Podolsk Machine-Building Plant» in the program of innovative technology and import substitution

V. G. Danilenko, PhD, General Director of «Podolsky Machine-Building Plant», Moscow region, Podolsk.

E. A. Fadeev, PhD, laureate of the Russian Government, Deputy General Director for innovative projects of «Podolsky Machine-Building Plant», Moscow region, Podolsk.

Yu. V. Petrov, laureate of the Russian Government, Deputy General Director of «Podolsky Machine-Building Plant», Moscow region, Podolsk.

A. R. Kvrivishvili, PhD, General Designer of «Podolsky Machine-Building Plant», Moscow region, Podolsk.

F. A. Serant, Doctor of Technical Sciences, laureate of the Russian Government, Deputy General Director of JSC «ZiO-COTES», Novosibirsk.

D. F. Serant, Chairman of the Board of Directors of JSC «COTES», Novosibirsk.

The paper describes the design of the boiler E-820-13,8-560 BT with an innovative circular furnace and the results of its testing and operation for 52 thousand. Hours on the Novo-Irkutsk Thermal Power Station. It is noted that the boiler meets the stated performance and can carry a load of long non-slag mode. It is proposed to use such circular furnace boiler for new units of 200 MW or more, and when they are installed in an existing cell, instead of the end of their life boilers. It is recommended to design and construction, and research on the use of an annular combustor ramjet in boilers for more powerful units (330-800 MW). An annular combustor to reduce the height of the boiler by 40%, consumption of furnace tubes by 15% and the yield of NO_x in 2 times up to 400 mg/m^3 only furnace process. By using a feed nozzle upper part of the furnace of hot air at 10% of the total air flow to the boiler (tertiary air blast) from a boiler outlet NO_x is reduced to 300 or less mg/m^3 for fuel combustion with a high content of nitrogen. When burning fuels nobler NO_x output may be well below 300 mg/m^3 .

The description of the designs of waste heat boilers for gas-turbine units, dry fan cooling towers for large units, as well as round and rectangular stop-regulating valves for dust- and weatherproof tracts of large cross section, made of their own engineering without the involvement of foreign companies in order of import substitution.

Keywords: boiler with an innovative circular furnace, import substitution, waste heat boilers, dry cooling towers, valves dust- and weatherproof paths.

Депутаты одобрили создание единого реестра для малого и среднего бизнеса

Госдума одобрила в третьем чтении поправки к закону «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации», которые предполагают порядок формирования и ведения единого реестра субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП).

Данный документ будет включать в себя сведения о юридических лицах и об индивидуальных предпринимателях, отвечающих условиям отнесения к субъектам МСП. Ведением реестра МСП будет заниматься Федеральная налоговая служба России.

Единый реестр МСП будет содержать подробные данные о предпринимателях. В частности, сведения о наименованиях юридических лиц и ФИО индивидуальных предпринимателей (ИП), идентификационный номер налогоплательщика (ИНН), место нахождения юридического лица или место жительства ИП, дату внесения в реестр сведений о юридическом лице или ИП, сведения о производимой продукции, сведения о контрактах в сфере госзакупок и др.

Информация, содержащаяся в едином реестре МСП, будет размещена 1 августа 2016 года на официальном сайте ФНС России. Информация будет обновляться ежемесячно начиная с 10 сентября 2016 года.