



## Современные экологические разработки мощных водогрейных котлов

Программа перехода на **альтернативные виды энергии** (ветро-гелио-биотопливо) в Евросоюзе показывает свою эффективность, в первую очередь экологическую. В Украине с введением **«зеленого тарифа»** заработал механизм реальной окупаемости инвестиций, вложенных в альтернативные источники энергии. После имплементации Украиной Директивы ЕС по выбросам №2010/75ЕС, соблюдение экологических составляющих в проектировании новых объектов, модернизация существующих источников выбросов стало, как никогда, актуальным.

Наша реальность такова, что в централизованном теплоснабжении крупных городов газовые водогрейные котлы будут работать **еще минимум 20 лет**. В Украине в системах централизованного теплоснабжения установлено около сотни котлов серии ПТВМ, и еще больше котлов серии КВГМ. Техническое состояние оборудования является одной из наиболее острых проблем в жилищно-коммунальном комплексе Украины. Практически все используемое оборудование давно отработало свой паспортный срок эксплуатации, и не отвечает современным экологическим и экономическим требованиям, намного отстало от технического уровня в этой области, что приводит как к избыточному перерасходу газа, так и к неоправданным потерям теплоносителя, нанося при этом ощутимый вред воздушному бассейну городов.

В крупных котельных больших городов эксплуатируются водогрейные котлы серий **КВГМ (10, 20, 30, 50, 100 и 180)** и **ПТВМ (30, 50, 100, 180)**. Эти котлы выпускались и выпускаются на Дорогобужском котельном заводе, на Бийском котельном заводе, на Белгородском «Энергомаше» в РФ, начиная с 1960г. Полный срок службы котлов заводы определили в 20 лет. В теплоснабжении г. Харькова работают котлы с датой выпуска в 1966г. (ТЭЦ-3), и самый «свежий» на Салтовской котельной- 1985г.

На основе проведенного анализа и данных, представленных в информационных материалах, недостатки в работе котлов типа ПТВМ можно подразделить на **конструктивные, проектные и эксплуатационные**, связанные преимущественно с нарушениями топочного, водно-химического и гидравлического режимов.

**60 лет в котлостроении**

## **К конструктивным недостаткам котла можно отнести:**

1. малый объем топки;
2. большое количество горелок (12-16-20шт.), работающих в комплекте с индивидуальными дутьевыми вентиляторами, усложняет и удорожает регулирование работы котлов и снижает надежность их эксплуатации;
3. плотные поперечные шаги конвективных поверхностей нагрева и малые диаметры их труб;
4. высокие тепловые напряжения объема топки (580-600квт/м<sup>2</sup>) и сечения топки на уровне горелок, следовательно, большие падающие тепловые потоки в области горелок на экраны и на конвективный пучок, обращенный в топку;
5. низкие скорости газов в конвективных пакетах на номинальной тепловой нагрузке котла, и особенно во втором по ходу газов пакете;
6. выход воды из экранов котла в теплосеть с заданной температурой осуществляется в области максимальных температур факела;
7. сжигание топлива в потоке холодного воздуха.

## **К проектным недостаткам можно отнести:**

1. полуоткрытую компоновку котла на ряде ТЭС, котельных, приводящую к усложнению ремонтного обслуживания экранов и конвективных поверхностей нагрева зимой;
2. отсутствие надежных и работоспособных регулирующих элементов в газоходах при установке нескольких котлов на одну дымовую трубу;
3. отсутствие на ряде котельных и ТЭС стационарных схем кислотной промывки поверхностей нагрева котлов, и схем очистки сетевой воды от механических включений перед котлами в период разворота тепловых сетей и включения в работу водогрейных котлов.
4. работу котлов на естественной тяге без дымососа;
5. отсутствие системы АСУ ТП.

## К эксплуатационным недостаткам следует отнести:

1. различия в производительностях дутьевых вентиляторов (6400-10500 м<sup>3</sup> /ч),
2. высокие избытки воздуха за котлом, вызываемые присосами холодного воздуха через неплотности обмуровки и неработающие горелки;
3. попадание конденсата со стенок дымовой трубы на конвективную часть из-за неработающей системы сбора конденсата;
4. отсутствие на большинстве котельных и ТЭС контроля за количеством и качеством отложений в трубах поверхностей нагрева во времени, статистики отказов котлов и причин, их вызывающих;
5. низкую температуру сетевой воды на входе в котел при работе как в основном, так и в пиковом режимах, ведущую к низкотемпературной сернокислотной коррозии экранных труб;
6. малое живое сечение воздухопровода на всас дутьевых вентиляторов, снижение из-за этого количества воздуха в топку;
7. большое содержание в сетевой воде окислов железа, механических примесей во время разворота тепловых сетей и в начальный период (месяц, полтора) их работы и, соответственно, подача воды указанного качества через водогрейные котлы;
8. большая гидравлическая неравномерность в распределении воды по змеевикам пакетов конвективных частей, вызываемая гидравлическим несовершенством и внутренними отложениями, что не позволяет вести глубокое регулирование (при необходимости) расходов сетевой воды через котел (ниже 60 % номинальной).



## Сравнительная таблица котлов серии ПТВМ и разработанных для их замены экологичных котлов типа КВ-Г

№	Технические характеристики	ПТВМ-30	КВ-Г-34,9-150	ПТВМ-50	КВ-Г-58,2-150	ПТВМ-100	КВ-Г-116,3-150	ПТВМ-180
1	Топливо	газ/мазут	газ/мазут	газ/мазут	газ/мазут	газ/мазут	газ/мазут	газ/мазут
2	Теплопроизводительность, МВт	35	35	58,2	58,2	69,8	116,3	209
3	Расчетное давление воды на входе в котел, МПа	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
4	Температура воды на входе, °С	70	70	70	70	70	70	70
5	Температура воды на выходе, °С	150	150	150	150	150	150	150
6	Диапазон регулирования теплопроизводительности %	30-100	20-100	30-100	20-100	30-100	30-100	30-100
7	Гидравлическое сопротивление МПа, не более	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
8	Расход воды через котел, т/ч	375	375	618	618	1235	1235	4390
9	Удельный расход условного топлива (расчетный), м <sup>3</sup> /МВтч	154	125	154	123	156	125	154
10	КПД котла, брутто, %, не менее,	87,5 *	94	87,8 *	93,6	88,6*	94,5	89*
11	Удельный выброс окислов азота не более, мг/м <sup>3</sup>	230	100	230	100	250	100	230
12	Тип топки	негазоплотная	газоплотная	негазоплотная	газоплотная	негазоплотная	газоплотная	негазоплотная
13	Труба конвективной части	28x3	32x4	28x3	32x4	28x3	32x4	28x3
14	Труба топки	60x3	60x4	60x3	38x4	60x3	42x4	60x3
15	Количество горелок	6	4	12	8	16	8	20
16	Количество дутьевых вентиляторов	6	1	12	1	16	1	20
17	Двусветный экран	нет	есть	нет	есть	нет	есть	есть
18	Срок службы конвективной части, тыс.час до замены	30000	100000	30000	100000	30000	100000	30000

*\*Значения к.п.д. котлов типа ПТВМ приведены из «Типовой инструкции по эксплуатации газомазутных водогрейных котлов типа ПТВМ» ТИ 34-70-051-86, Москва, Союзтехэнерго, 1986г.*

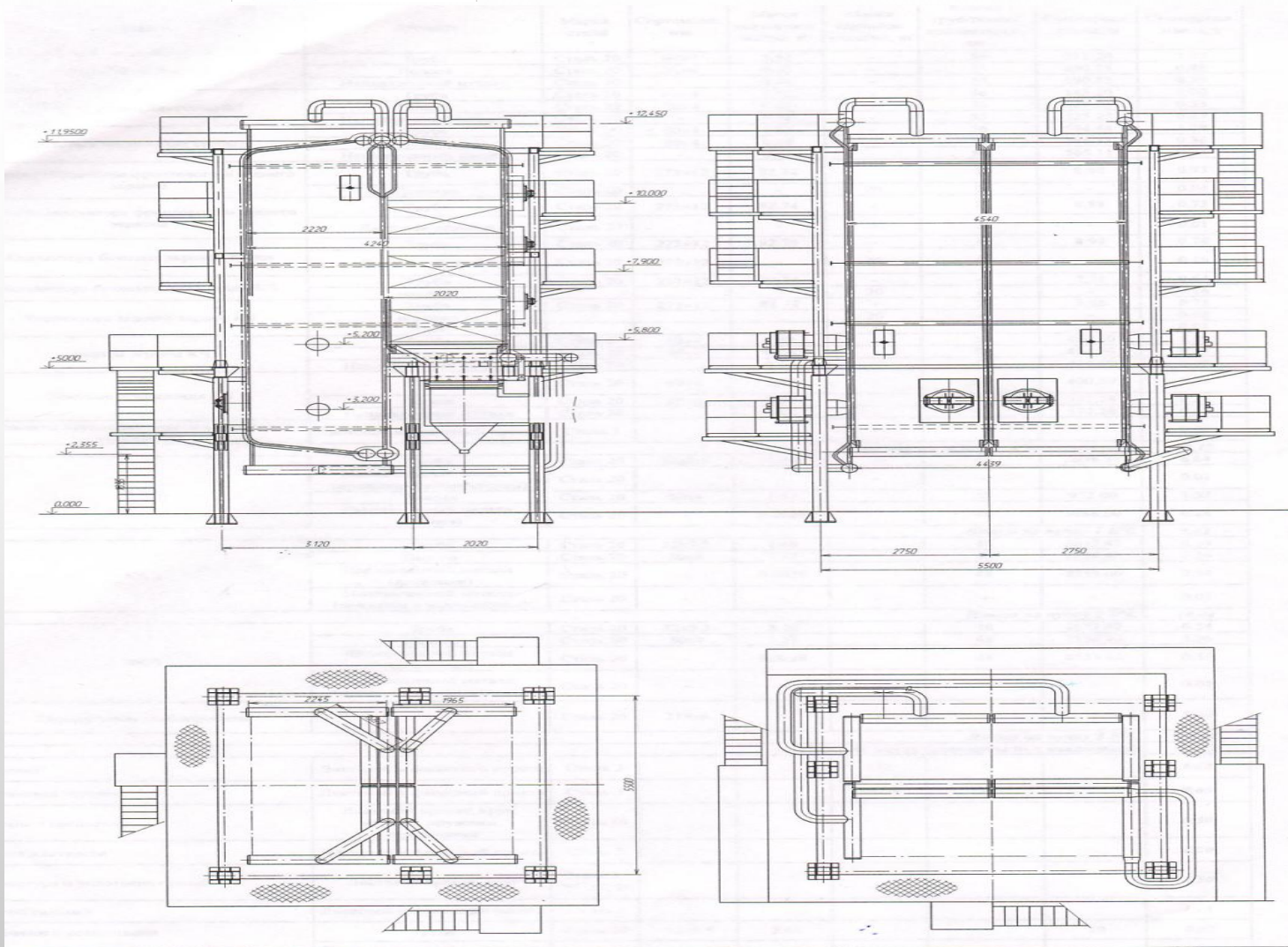


Котлы серии КВ-Г –разработаны филиалом ХЦКБ «Энергопрогресс» ООО «Котлотурбопром» для замены серии ПТВМ на крупных котельных. Котлы **КВ-Г-34,9-150, КВ-Г-58,2-150** устанавливаются в ячейки существующих котлов ПТВМ-30 и ПТВМ-50 соответственно. Комплекс принятых решений по модернизации котлов ПТВМ-30-50, воплощенных в конструкции **КВ-Г-34,9-58.2-150**, направлен на ликвидацию конструктивных и схемных недостатков, выявленных в процессе эксплуатации оборудования, на решение вопросов повышения надежности и экономичности, ликвидации ограничений по нагрузке, сокращения ремонтных затрат и улучшения экологических показателей, повышение **КПД котла с 89,6% (заводской вариант) до 93,6%**, и для достижения низкой генерации вредных выбросов, при сохранении габаритных размеров ячейки существующих котлов .

**Для получения высоких экологических показателей и эффективных технико-экономических, ХЦКБ «Энергопрогресс» применены следующие разработки:**

- 1.Конвективная поверхность нагрева изготовлена из труб увеличенного диаметра и толщины стенки (трубы 32x4 мм) с наружным мембранным продольным оребрением;
- 2.Разработаны малотоксичные газомазутные вихревые горелки повышенной единичной мощности, снижен уровень размещения горелок;
- 3.Конструкция топки выполнена газоплотной, с использованием облегченной тепловой изоляции вместо тяжелой обмуровки, что позволяет устранить присосы в топку, увеличивающие потери от неполного сгорания газа;
- 4.Существенно увеличена радиационная поверхность топки за счет добавления двусветного экрана, что позволило снизить температуру газов на выходе из топки с целью снижения выбросов оксидов азота, увеличить теплосъем экранными трубами;
- 5.Применены современные дутьевые машины большой единичной производительности, с применением частотного регулирования вращения, установлен один вентилятор типа ВДН с частотным регулированием вращения;
- 6.Установлено оборудование для организации рециркуляции продуктов сгорания с целью снижения выбросов оксидов азота, и калориферы подогрева дутьевого воздуха до положительной температуры в зимний период;
7. Предлагается современная система АСУ ТП, обеспечивающая безопасную и надежную эксплуатацию оборудования котельной;
- 8.Применена дымовая труба увеличенной высоты для поддержания разрежения в топке в необходимых пределах при работе на номинальной нагрузке;
- 9.Данные котлы спроектированы для установки в существующую ячейку котлов ПТВМ, с максимальным использованием оборудования старого котла: это фундаменты, колонны каркаса, лестницы и площадки, газопроводы к горелкам, арматура газопроводов, арматура по входу-выходу сетевой воды в котел, фундаменты и растяжки для крепления дымовой трубы;

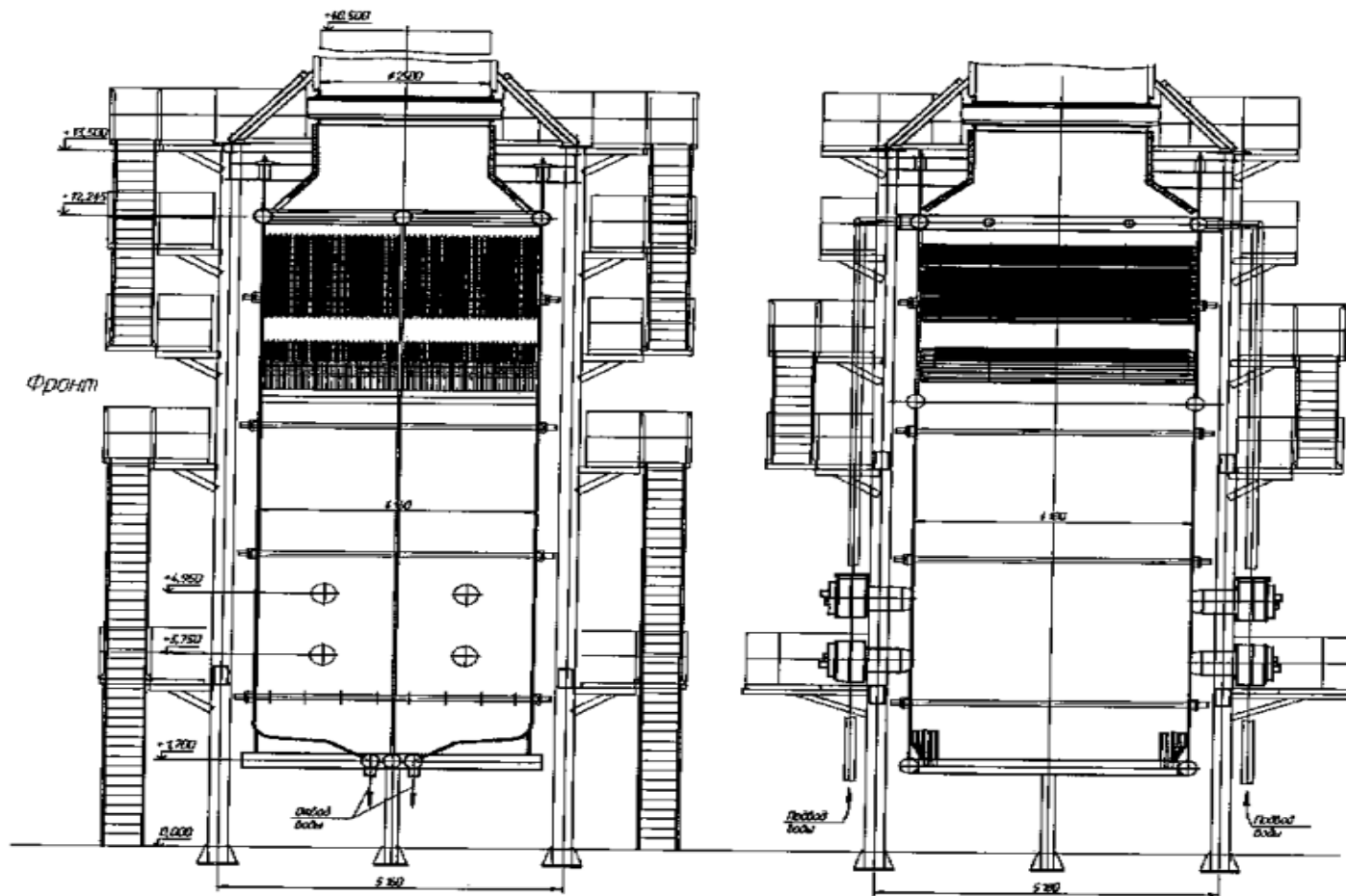
**60 лет в котлостроении**



Котел KB-Г-34.9-150

**60** лет в котлостроении

Модернизированный котел КВ-Г- 58,2 -150



**60** лет в котлостроении

## Расчет экономического эффекта от установки нового котла КВ-Г-58,2-150

### Расчет экономического эффекта от установки нового котла КВ-Г-58.2-150

#### ККП МГС Мариупольтеплосеть

#### Исходные данные

Наименование	Обознач.	Значен.	Ед. изм.	Примечание
Номинальная теплопроизводительность	D	50,00	Гкал/ч	
Увеличение КПД брутто котла	$\Delta n_k$	4,00	%	тепловой расчет
Нормативный КПД брутто котла	$n_n$	89,60	%	тепловой расчет
Нормативный расход топлива	B <sub>T</sub>	6600,00	м <sup>3</sup> /ч	Мариупольтеплосеть
Стоимость газа	C <sub>T<sup>Г</sup></sub>	350,00	дол/тыс.м <sup>3</sup>	Мариупольтеплосеть
Время работы котла в год	t <sub>год</sub>	4248,00	час	Мариупольтеплосеть
Затраты на поставку котла	З	719,10	тыс.дол	ООО"Котлотурбопром"
Курс доллара		27,50		ООО"Котлотурбопром"
Затраты в грн		19775,25	тыс .грн	ООО"Котлотур-бопром"

#### Расчет срока окупаемости

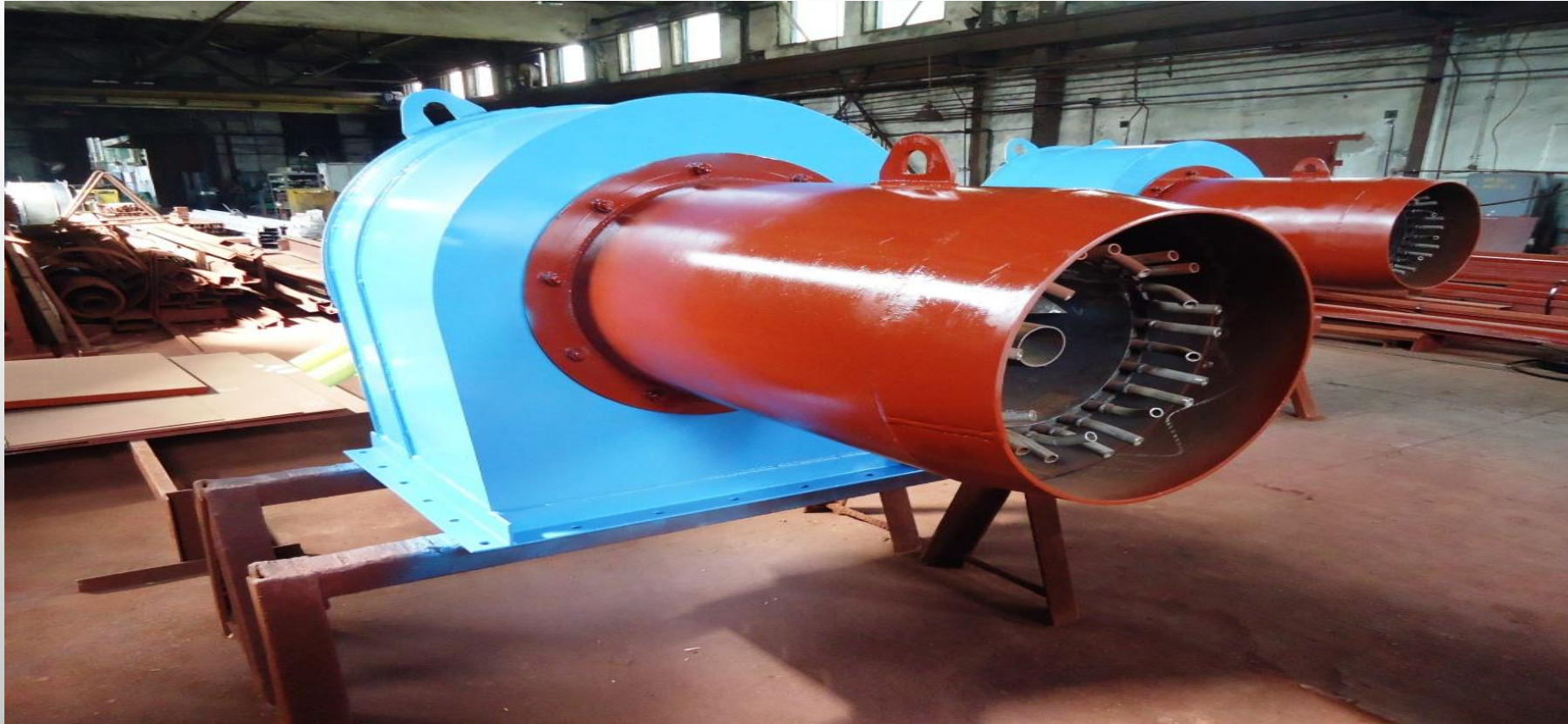
Наименование показателей	Обозначение	Формула	Значен.	Ед.измерен.
Уменьшение расхода топлива	$\Delta B_T$	$(\Delta n_k/n) * B_T$	294,64	м <sup>3</sup> /ч
Стоимость сэкономленного газа	$\Delta C_{TГ$	$C_{TГ$	103,13	дол./ч
Годовая экономия по котлу	$\Delta C_T$	$\Delta C_{TГ$	438,08	тыс.дол
Срок окупаемости	t <sub>ок</sub>	$Z / \Delta C_T$	1,64	года

60 лет в котлостроении



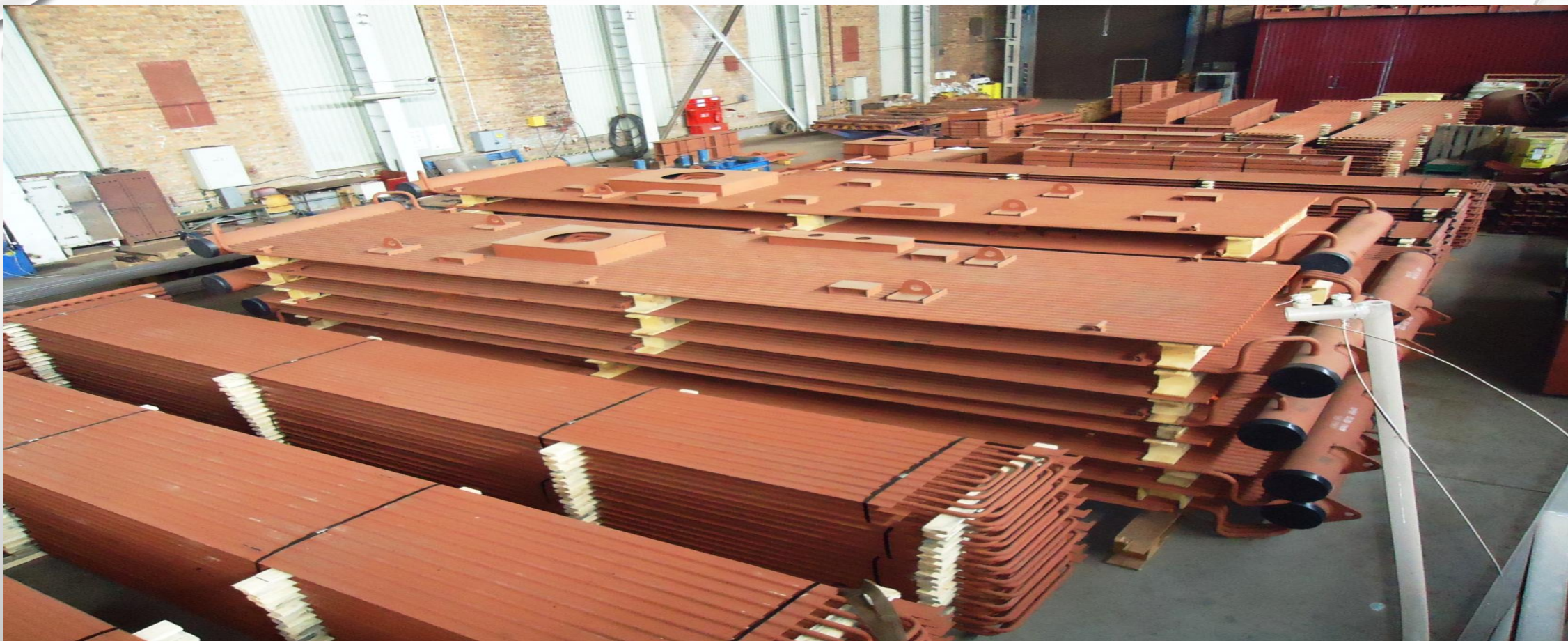
**Котел КВ-Г-116,3-150** имеет несколько большие размеры по осям колонн, при отсутствии свободной площади для монтажа может устанавливаться на место котла, находящегося у временного торца здания котельной, с достройкой здания на 3м.

Данный котел монтируется на котельной АК ДТЭК «Киевэнерго» на микрорайоне г.Киева Позняки, сдача в эксплуатацию-в 2017г.



**Новая экологичная и экономичная газомазутная горелка котла КВ-Г-116,3-150 перед отгрузкой Заказчику**

**60 лет в котлостроении**



**Газоплотные экраны и конвективная часть котла КВ-Г-116,3-150  
перед отгрузкой Заказчику.**

**60 лет в котлостроении**



Монтаж котла КВ-Г-116,3-150 на котельной жилмассива Позняки. г.Киев ноябрь 2016г.

**60** лет в котлостроении



**Мембранные конвективные части котла КВ-Г-116,3-150**

**на заводе-изготовителе ПАО «ХКМЗ»**

**60 лет в котлостроении**



## **Об увеличении надежности эксплуатации водогрейных котлов районных котельных.**

*Для находящихся в эксплуатации котлов типа ПТВМ, КВГМ,  
и других водотрубных,  
занос механическими примесями конвективных частей  
стал угрозой №1.*

**По причине заноса практически все котлы ПТВМ-100 в г. Харькове работают с 50% нагрузкой.**

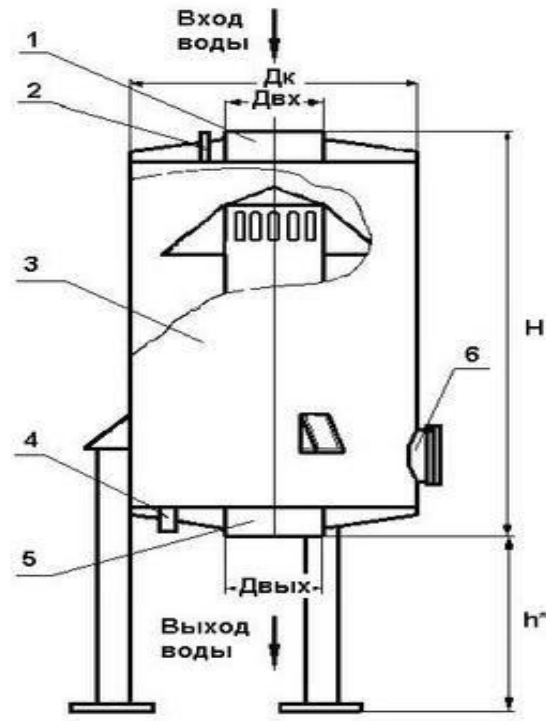
Большая часть отказов при эксплуатации котлов типа ПТВМ происходит из-за повреждений труб конвективной части- перегрев металла трубы из-за ухудшения циркуляции через трубу вследствие заноса трубы шламом, и образования на стенках слоя накипи.

Конструкция установленных на водогрейных котельных грязевиков предназначена для очистки обратной сетевой воды от частиц, размеры которых больше отверстий сеток, т.е. более 6мм. В то же время шлам и мусор размером менее 6мм беспрепятственно проходит до конвективных и экранных поверхностей водогрейных котлов, частично оседает на них, чем уменьшает теплопередачу труб и приводит к местному пережогу и течи котла.

Прямое подтверждение этому- высокое гидравлическое сопротивление котлов, реально на всех котлах типа ПТВМ больше паспортной величины и составляет от 3,5 до 5 бар, при паспортном значении 2,5бар.

Для существенного уменьшения в сетевой воде количества частиц шлама и загрязнений, мы предлагаем установить на обратных трубопроводах котельных грязевики- шламоуловители инерционного типа для эффективной очистки обратной сетевой воды от тяжелых механических примесей (песок, камешки, окалина, грат, продукты коррозии труб и оборудования,

**60 лет в котлостроении**



1- вход загрязненной воды;  
 2- патрубок воздушника;  
 3- корпус;  
 4- дренажные патрубки;  
 5- выход очищенной воды;  
 6- люк-ревизия (по заказу).  
 $h^*$ - высота установки грязевика  
 (по месту монтажа)

посторонних предметов и т.п.) размером более 50 мкм, а также легковсплывающих загрязнений (специальное исполнение с верхней камерой и дренажами).

Грязевики- шламоуловители не требуют специального обслуживания. Все улавливаемые загрязнения удаляются из корпуса грязевика путем кратковременного (5...15 сек.) открывания дренажей без остановки циркуляции, что обеспечивает бесперебойность работы и не требует дублирующих аппаратов.

По своей конструкции грязевики- шламоуловители относятся к водоочистному оборудованию, реализующему гидродинамический принцип улавливания из воды механических загрязнений. Принцип действия основан на использовании естественных процессов - гравитации и инерции частиц загрязнений - для их улавливания в аппарате.

Главным достоинством грязевиков- шламоуловителей является высокая эффективность очистки от тяжелых механических примесей (до 90 %) при малом постоянном гидравлическом сопротивлении (около 0,08...0,15 кг/см<sup>2</sup>).

Грязевики- шламоуловители очень надежны в работе, ресурс - не менее 10 лет. В отличие от сетчатых фильтров и грязевиков, грязевики- шламоуловители не боятся попадания крупных и прочных загрязнений (гравий, камешки, металлические предметы и загрязнения) с потоком воды, так как не имеют сеток, которые могут повреждаться.

Установка грязевика данной конструкции применительно к теплосетям позволяет резко увеличить продолжительность межремонтного цикла, снизить количество

химических очисток котлов, уменьшить расход электроэнергии на перекачку теплоносителя через котлы и увеличить коэффициент теплопередачи. Из практики эксплуатации в РФ, один грязевик на расход 3000м<sup>3</sup>/час улавливает за один отопительный сезон более 10т шлама и примесей.

Грязевик может комплектоваться системой автоматики, которая включает в себя электронное реле времени и электро-механические задвижки на дренажных патрубках. Программирование электронного реле времени осуществляется эмпирическим путем, исходя из степени загрязнения воды.

#### ***Технические характеристики грязевика***

1. Размер задерживаемых частиц — от 50 мкн
2. Производительность — 0-8000 м<sup>3</sup>/ч
3. Потери напора — <0,2 кг-с/см<sup>2</sup>\*
4. Рабочее давление — до 10 (16) кгс/см.
5. Температура среды — до 150 °С



**Фильтры-грязевики ГИГ-6000 ВК. Установлены в 2009 г. на Приморской котельной Санкт-Петербурга.**



## Модернизация конвективной части котлов ПТВМ-50, ПТВМ-100, ПТВМ-180

При выполнении плановых замен на котлах ПТВМ-50, ПТВМ-100, ПТВМ-180 конвективных поверхностей нагрева мы можем предложить Вам **модернизацию конвективных поверхностей** заменой на мембранные конвективные поверхности из труб 32x4мм.

Данная конструкция была внедрена в 2005г. на котле ПТВМ-180 ст.3 Харьковской ТЭЦ-5, и подтвердила высокую надежность и эффективность в эксплуатации. За 11 лет эксплуатации данного котла на газе не было ни одного повреждения конвективных поверхностей ни на нижних, ни на верхних пакетах. Котел работал с номинальной нагрузкой 180Гкал/час, гидравлическое и аэродинамическое сопротивление котла остались в пределах заводских допусков, рост гидросопротивления котла не наблюдался.

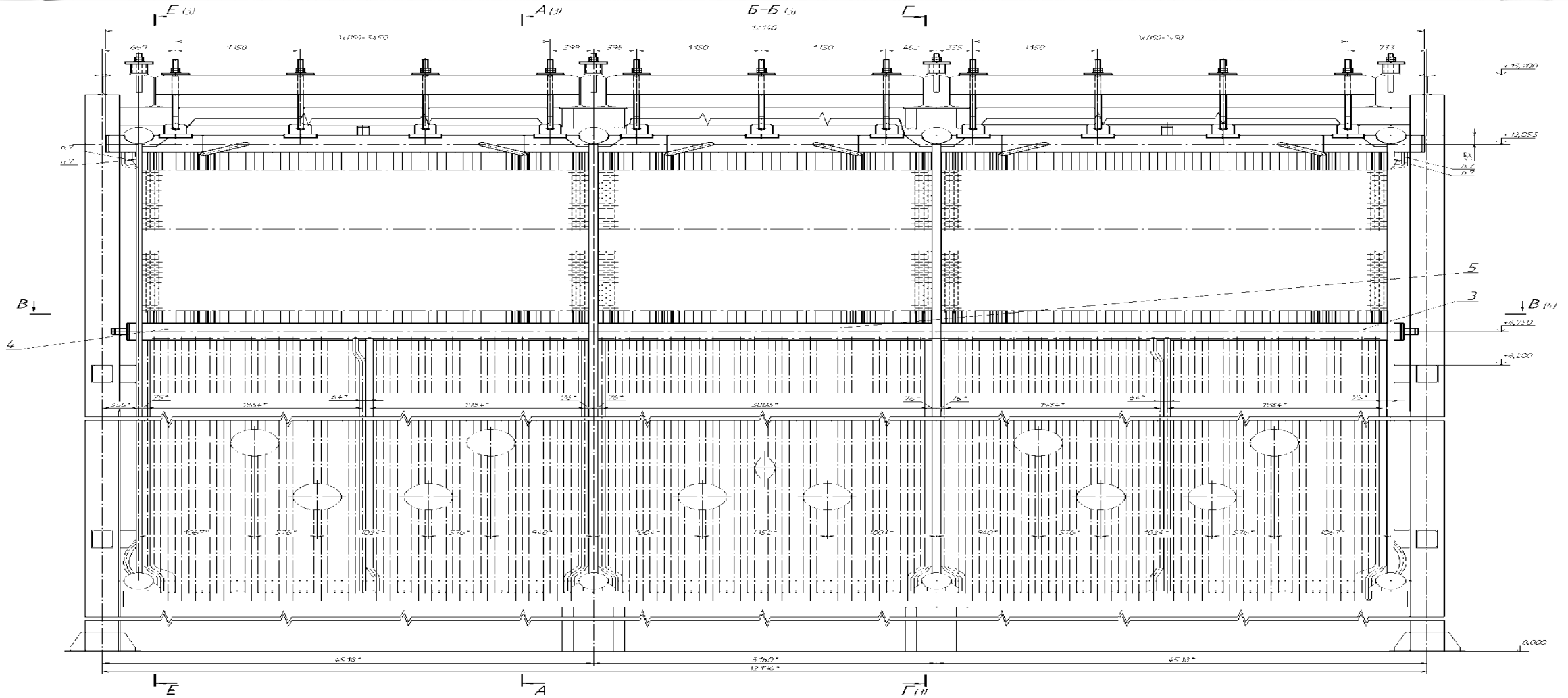
Выполнив данную замену на котлах ПТВМ-50, ПТВМ-100, ПТВМ-180, Вы сделаете надежным эксплуатацию котлов данного типа при различных нагрузках.

**60 лет в котлостроении**



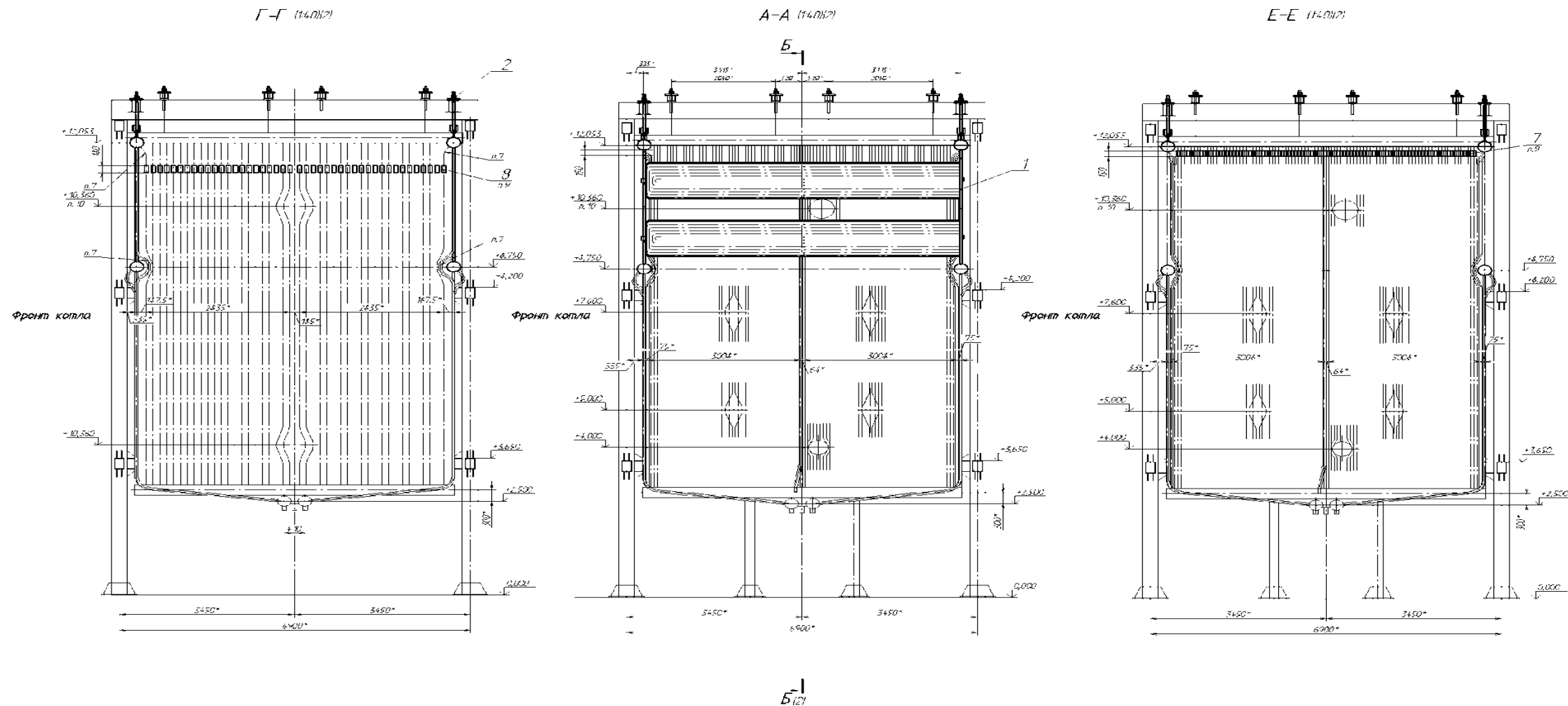
## Сравнительные характеристики конвективной части котла ПТВМ-180

Наименование	Конвективная часть из гладких труб (до реконструкции)	Конвективная часть из оребренных труб (после реконструкции)
Труба Дн x S, мм	28x3	32x4
Размеры оребрения $h_{РБ} \times S_{РБ}$ , мм	–	4x50
Шаг труб $S_1/S_2$ , м	64/33	80/42,5
Количество пакетов по высоте, шт.	2	2
Кол-во полусекций в пакете, шт.	176	280
Кол-во змеевиков в панели, шт.	7	6
Кол-во параллельно включенных труб, шт.	2464	1680
Число стояков, шт.	176	280
Труба стояка Дн x S, мм	83x4	60x4
Высота поверхности h, мм	3153	3303
Поверхность нагрева Нп, м <sup>2</sup>	2668x2=5336	3080+3941=7021
Масса конвективной части, т	120	186
Коэффициент эффективности φ	0,9	0,9
Температура воды на входе, °С	70 (104)	70 (104)
Температура воды на выходе, °С	125 (156)	125 (156)
Скорость воды $W_B$ м/с	1,1	1,3
Массовая скорость воды $\gamma_w$ , кг/м <sup>2</sup> с	1008	1243
Скорость газов в КЧ-I, $W_G$ м/с	7,6	8,3; 5,2
Скорость газов в КЧ-II, $W_G$ м/с	3,9	3,6
Температура уходящих газов $\vartheta_{yx}$ , °С	192	134 (165)
Гидравлическое сопротивление котла, кгс/см <sup>2</sup>	0,5	0,52



Котел ПТВМ-180 с модернизированной конвективной частью  
разработки ФЦКБ «Энергопрогресс» ООО «Котлотурбопром»

**60** лет в котлостроении



Котел ПТВМ-180 с модернизированной конвективной частью разработки ФЦКБ «Энергопрогресс» ООО «Котлотурбопром»

**60** лет в котлостроении

## Сравнительные характеристики конвективной части котла ПТВМ–100

Наименование	Конвективная часть из гладких труб (заводской вариант)	Конвективная часть из оребренных труб(после реконструкции)
Труба Дн x S, мм	28x3	32x4
Размеры оребрения $h_{РБ} \times S_{РБ}$ , мм	–	4x50
Шаг труб $S_1/S_2$ , м	64/33	80/42,5
Количество пакетов по высоте, шт.	2	2
Кол–во полусекций в пакете, шт.	192	156
Кол–во змеевиков в панели, шт.	7	6
Кол–во параллельно включенных труб, шт.	1344	936
Число стояков, шт.	96	78
Труба стояка Дн x S, мм	83x4	60x4
Высота поверхности h, мм	3153	3303
Поверхность нагрева Нп, м <sup>2</sup>	2960	3902
Масса конвективной части, т	63,3	103
Коэффициент эффективности $\varphi$	0,9	0,9
Температура воды на входе, °С	70 (104)	70 (104)
Температура воды на выходе, °С	125 (156)	125 (156)
Скорость воды $W_B$ м/с	1,1	1,3
Массовая скорость воды $\gamma_w$ , кг/м <sup>2</sup> с	560	691
Скорость газов в КЧ–I, $W_{Г}$ м/с	7,6	8,3; 5,2
Скорость газов в КЧ–II, $W_{Г}$ м/с	3,9	3,6
Температура уходящих газов $\vartheta_{УХ}$ , °С	192	134 (165)
Гидравлическое сопротивление котла, кгс/см <sup>2</sup>	2,5	2,52

## Выводы

Конвективная часть котлов типа **ПТВМ-50-100-180** может быть реконструирована и рассчитана для работы в диапазоне тепловых нагрузок  $Q_n - 0,3Q_n$  в основном и пиковом режимах работы при сжигании природного газа и мазута.

Конвективная часть из мембранных панелей имеет улучшенные характеристики по сравнению с существующей:

- увеличенный диаметр труб 32x4 мм с большим проходным сечением по газу ( $S_1/d=2,5$ ;  $S_2/d=1,33$ ).

**Данная конструкция конвективной части имеет следующие преимущества:**

– повышение надежности работы котла в результате уменьшения вероятности закупорки проходных сечений внутренними отложениями при ухудшении качества сетевой воды;

– уменьшение интенсивности наружных загрязнений и ослабление низкотемпературной коррозии при работе на мазуте в результате обеспечения надежной ранжировки труб в пучке, увеличения стабильного проходного сечения для газов, повышения эффективности средств сухой очистки от наружных отложений;

– увеличение ресурса конвективной части в 2 раза;

– повышение надежности наиболее теплонапряженной поверхности нагрева, и сокращение ремонтных затрат на восстановительный ремонт конвективной части.

Принятые скорости воды в трубах конвективной части  $W=1,3$  м/с обеспечивают надежный температурный режим металла труб из стали 20. Гидравлическое и аэродинамическое сопротивление котла после реконструкции не превышает те же показатели до реконструкции .

В таблицах ранее приведены сравнительные показатели конвективной части из мембранных панелей в сравнении с существующей гладкотрубной конвективной частью.

Применение мембранных панелей для конвективной части увеличит ее теплообменную поверхность нагрева 1,32 раза, что увеличивает ее тепловосприятие, и снижает температуру уходящих газов на 27°С при сжигании природного газа.

При сжигании природного газа КПД котла повышается при работе в основном и пиковом режимах соответственно (газ/мазут) до значений 92,982% и 91,486%, что превышает соответственно на 2,85% и 1,35% КПД существующего котла.

***Спасибо за внимание!***

**ООО «КОТЛОТУРБОПРОМ»**

г. Харьков

ул. Энергетическая, 11

+38(057)716-99-66

+38(057)714-03-17

**7169966@i.ua**

**Заместитель технического директора :**

***Колешин Александр Иванович***