

# КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ. ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЫ



Лекция 1. Введение в курс

# Котельные агрегаты

Котельные агрегаты (теплогенераторы) – это устройства, служащие для производства пара или горячей воды повышенного давления за счет теплоты топлива.

В зависимости от назначения котельные агрегаты (котлы) подразделяются на:

- отопительные;
- отопительно-производственные;
- производственные;
- энергетические.



# Классификация котельных установок

По виду используемого топлива:

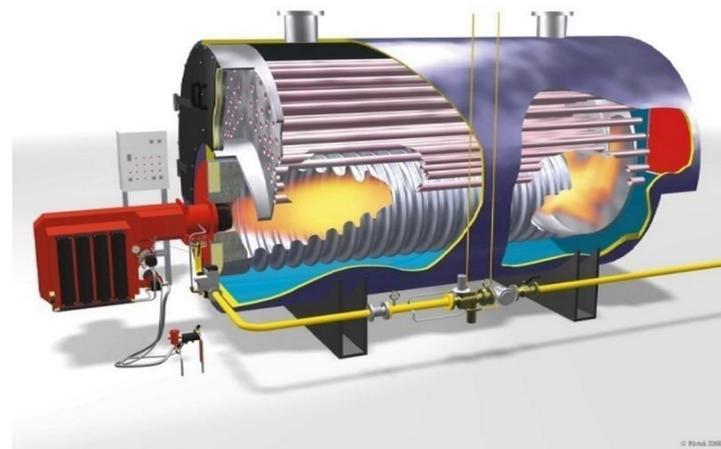
- *газовые*;
- *жидкотопливные*, работающие на мазуте, дизельном топливе, печном бытовом топливе;
- *твердотопливные*, работающие на бурых и каменных углях, антрацитах, торфе, горючих сланцах, дровах, древесной щепе;
- *комбинированные*, работающие на нескольких видах топлива (газ – мазут, газ – твердое топливо и др.).



# Классификация паровых котельных установок

По величине давления вырабатываемого пара:

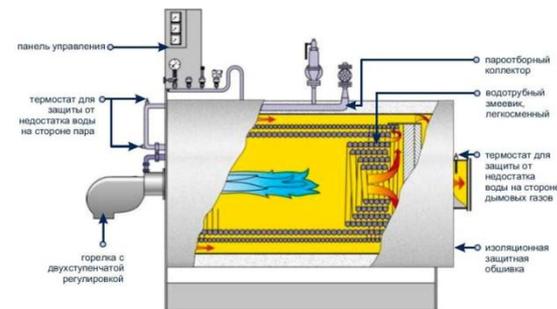
- *агрегаты низкого давления* (0,88; 1,36; 2,36 МПа);
- *среднего* (3,9 МПа);
- *высокого* (9,8 и 13,6 МПа);
- *сверхкритического давления* (25 МПа).



# Классификация паровых котельных установок

## По паропроизводительности:

- *малой мощности* – до 25 т/ч;
- *средней мощности* – 35–75 т/ч;
- *большой мощности* – более 100 т/ч.



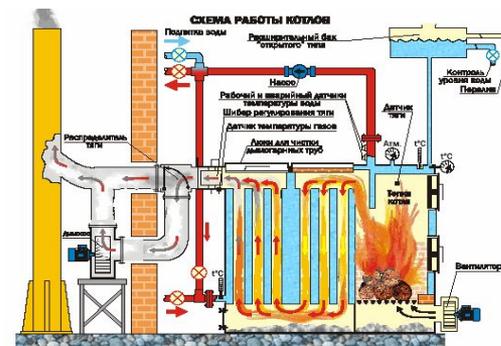
Паровые котлы характеризуются *номинальной паропроизводительностью* и параметрами вырабатываемого пара (давление и температура перегрева).

Под *номинальной паропроизводительностью* понимают наибольшую производительность, которую котел должен обеспечивать в условиях длительной эксплуатации при номинальных значениях параметров пара и питательной воды.

# Классификация водогрейных котельных установок

## По теплопроизводительности:

- *малой теплопроизводительности* – до 11,7 МВт;
- *средней* – 23,4–35 МВт;
- *большой* – 58,5 МВт и более.



Водогрейные котлы характеризуются *номинальной теплопроизводительностью*, давлением и температурой входящей и выходящей из него воды.

*Номинальная теплопроизводительность* — это наибольшая теплопроизводительность водогрейного котла, которую он обеспечивает в условиях длительной эксплуатации при номинальных значениях параметров входящей и выходящей из него воды.

# СХЕМА КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

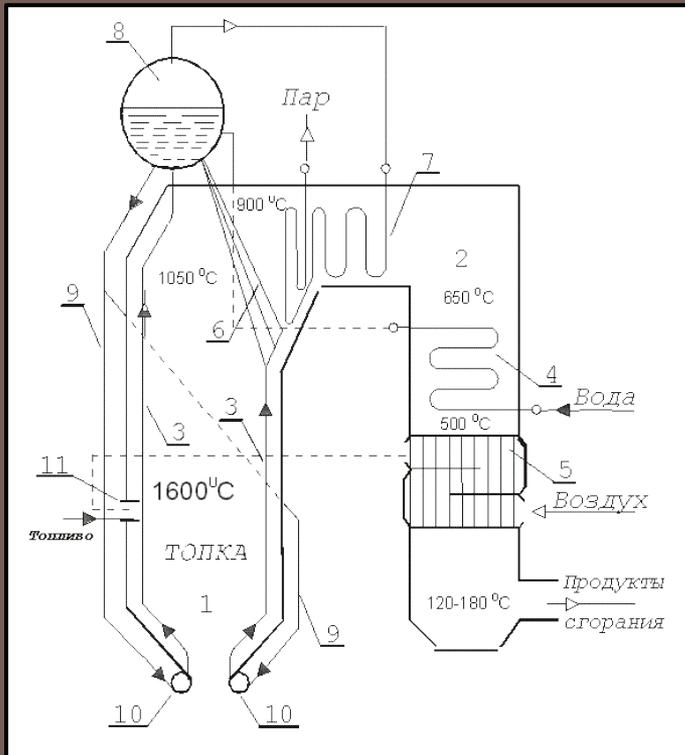


Рис.1 Схема парогенератора

1-топочное пространство; 2-подъемный газоход;  
3-испарительные поверхности нагрева; 4-водяной экономайзер; 5-воздухоподогреватель; 6-фестон (пучок труб); 7-пароперегреватель; 8-барабан котла; 9-опускные трубы; 10-экран; 11-горелка.

Котельный агрегат П-образной компоновки состоит из подъемного 1 и опускного газоходов. Подъемный газоход 2 представляет собой топку для сжигания топлива, на стенках которой установлены испарительные поверхности нагрева 3 в виде плоских трубчатых панелей, называемых экранами.

В опускном газоходе расположены водяной экономайзер 4 для подогрева питательной воды и воздухоподогреватель 5 для подогрева воздуха, идущего на горение в топку. На выходе из подъемного газохода расположен фестон 6, представляющий собой разреженный пучок труб - продолжение заднего экрана.

В горизонтальной части газохода расположен пароперегреватель 7, обеспечивающий нагрев пара до заданной температуры.

Испарительные поверхности 3 сообщаются с барабаном котла 8 и вместе с опускными трубами 9, соединяющими барабан с нижними коллекторами 10 экранов, составляют циркуляционные контуры. Паровая смесь в барабане разделяется на насыщенный пар и воду, пар направляется в пароперегреватель, вода - снова в циркуляционные контуры. Циркуляция воды и пароводяной смеси в контурах происходит за счёт разности плотностей столба воды в опускных трубах и пароводяной смеси в подъемных трубах - экранах (естественная циркуляция).

Топливо вместе с горячим воздухом через горелки 11 подается в топочную камеру, где сжигается. Продукты сгорания из топочной камеры направляются в пароперегреватель, экономайзер, воздухоподогреватель и через газоочистку удаляются в атмосферу.

# МАРКИРОВКА КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

В маркировке паровых теплогенераторов первые буквенные обозначения указывают следующее:

**Е** – котлы с естественной циркуляцией; **П** – прямоточные котлы; **Пр** – котлы паровые стационарные с принудительной циркуляцией без перегрева пара.

Далее первое число указывает на паропроизводительность котла, т/ч; второе число – давление пара, МПа (или кгс/см<sup>2</sup>); последующие буквенные символы – обозначение используемого топлива. Например, котел Е-2,5-13ГМ – это паровой газомазутный котел с естественной циркуляцией паропроизводительностью 2,5 т/ч и давлением пара 1,3 МПа (13 кгс/см<sup>2</sup>).

Часто заводы-производители используют свои системы маркировки. Например, при маркировке котельных агрегатов Бийского котельного завода, работающих на жидком или газообразном топливе, используется обозначение **ДЕ**, а котлов, работающих на твердом топливе, – **КЕ**.

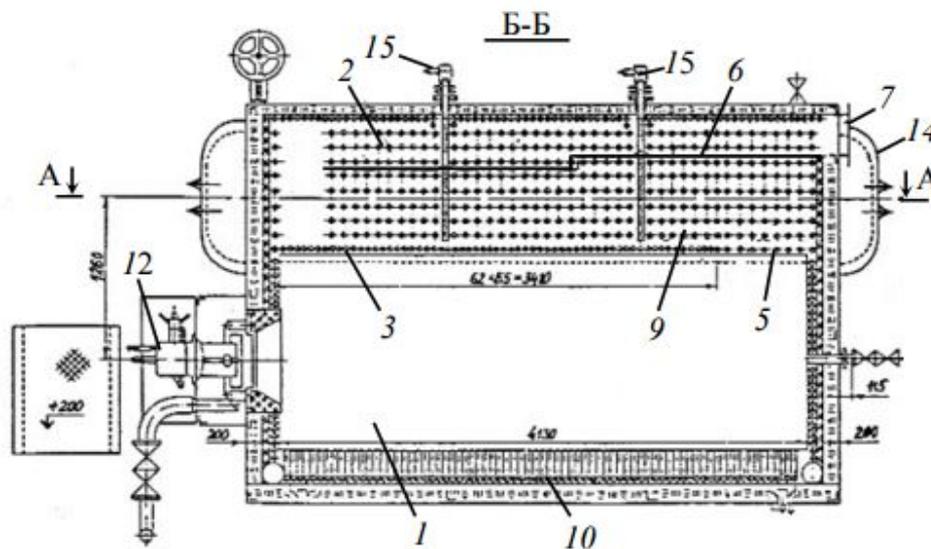
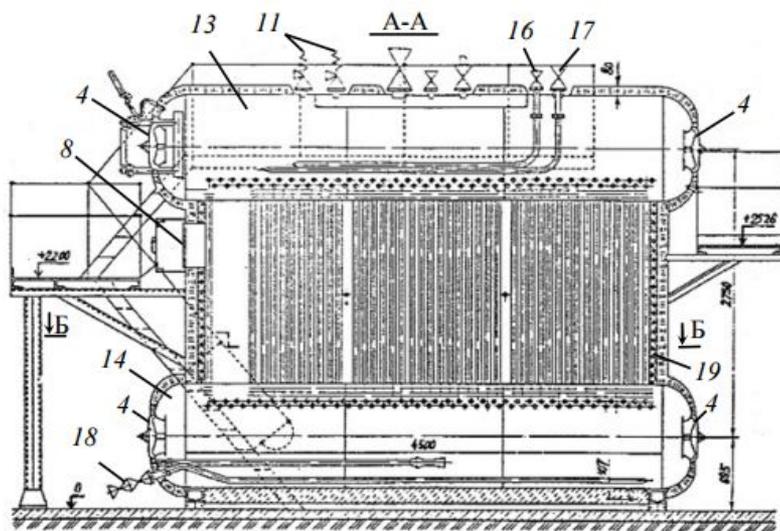
Так, маркировка котла **КЕ-10-14С-350** расшифровывается следующим образом: **КЕ** – котел паровой с естественной циркуляцией, работающий на твердом топливе; **10** – паропроизводительность котла составляет 10 т/ч; **14** – давление пара равно 1,4 МПа; **С** – в топке применяется слоевое сжигание топлива; **350** – котел имеет пароперегреватель и температура перегрева пара составляет 350 °С.

В маркировке водогрейных котлов используют их основные характеристики: **вид топлива, теплопроизводительность, Гкал/ч; температура воды, °С, на входе и на выходе из котла.**

# ПАРОВЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

## Паровые котлы серии ДЕ

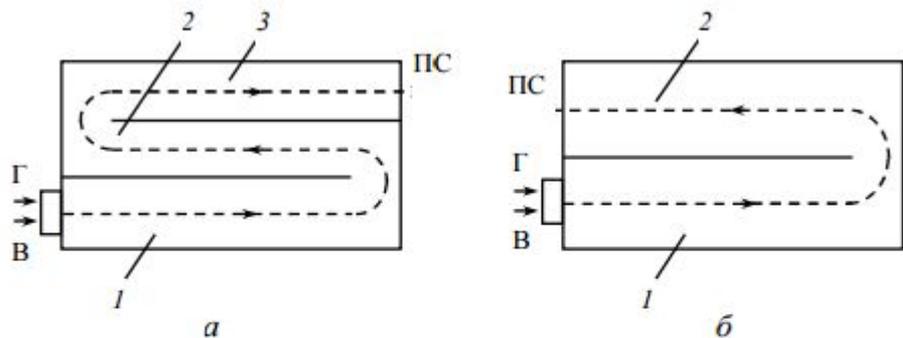
Котлы серии ДЕ – это вертикально-водотрубные Д-образные котлы с естественной циркуляцией, которые предназначены для выработки насыщенного или перегретого пара с температурой 225 °С. Паровые котлы этой серии имеют несколько типоразмеров, обеспечивающих рабочее давление пара 1,4 МПа и номинальную паропроизводительность 4; 6,5; 10; 16 и 25 т/ч.



# ПАРОВЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

## Паровые котлы серии ДЕ

Характерной конструктивной особенностью котлов серии ДЕ является расположение топочной камеры сбоку от конвективного пучка труб, что предотвращает обогрев верхнего барабана и значительно уменьшает площадь ограждающих поверхностей. Котлы этой серии всех типоразмеров имеют единый поперечный профиль. При ширине топочной камеры 1790 мм и средней высоте 2500 мм котлы различаются лишь длиной и схемой движения продуктов сгорания (ПС) в конвективном газоходе.



Параметры котельного пучка котлов типа ДЕ

Марка котла	ДЕ-4	ДЕ-6,5	ДЕ-10	ДЕ-16	ДЕ-25
$L_1$ , мм	440	550	550	550	550
$L_2$ , мм		120			
$L_3$ , мм		330			

Рис. 3.1. Схема движения продуктов сгорания в котлах ДЕ:

*a* – котлы серии 4; 6,5 и 10; *б* – котлы серии 16 и 25; 1 – топочная камера; 2 – первый конвективный пучок; 3 – второй конвективный пучок; Г – газ; В – воздух; ПС – продукты сгорания

# ПАРОВЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

## Паровые котлы серии ДЕ

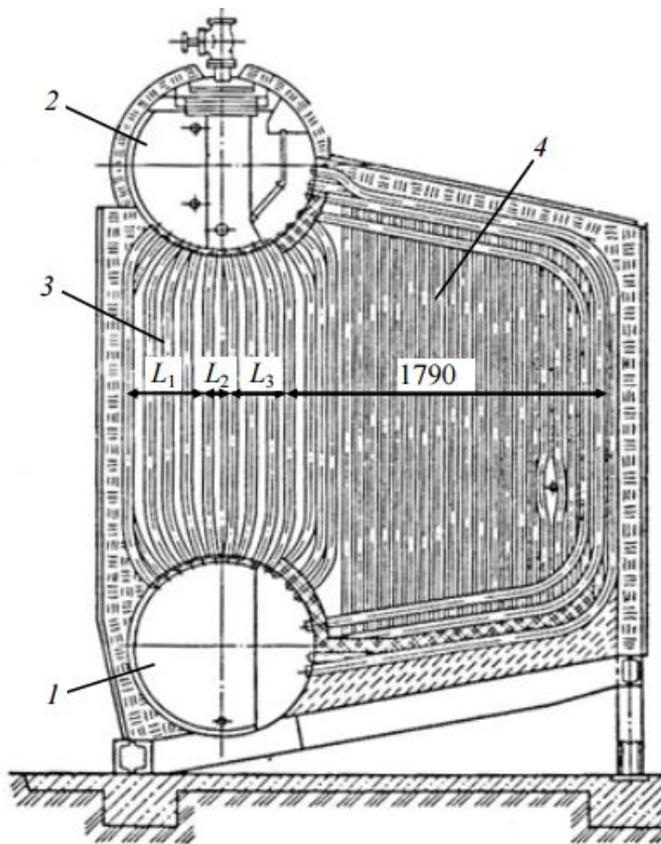


Рис. 3.4. Поперечный разрез котла типа ДЕ:

1 – нижний барабан котла; 2 – верхний барабан котла; 3 – котельный пучок; 4 – топочная камера

Технические характеристики котлов серии ДЕ

Параметр	Тип котла				
	ДЕ-4	ДЕ-6,5	ДЕ-10	ДЕ-16	ДЕ-25
Паропроизводительность $D$ , т/ч	4,14	6,73	10,35	16,56	26,88
Давление пара, МПа	1,4				
Характеристика пара	Насыщенный				
Газовое сопротивление котла, Па	546	110	1960	1680	2700
Площадь поверхности стен топки $F_{ст}$ , м <sup>2</sup>	23,8	29,97	41,47	51,84	64,22
Площадь поверхности экранов топки $F_{эк}$ , м <sup>2</sup>	21,81	27,93	38,96	48,13	60,46
Объем топки, м <sup>3</sup>	8,01	11,2	17,14	22,5	29,0
Глубина топки, мм	1650	2420	3850	5420	6960
Ширина топки, мм	1790				
Диаметр экранных труб и толщина стенки, мм	51×2,5		51×4		
Шаг труб боковых, подового и сводового экранов, мм	55				
Шаг труб фронтального и заднего экранов, мм	55		90		
Площадь поверхности котельных пучков $F_{кп}$ , м <sup>2</sup>	48	67	116	155	230
Расположение труб конвективных пучков	Коридорное				1 пуч. – кор. 2 пуч. – шах.
Диаметр труб конвективных пучков, мм	51×2,5				
Поперечный шаг труб котельного пучка, мм	110				
Продольный шаг труб котельного пучка, мм	90				
Число рядов труб по ходу продуктов сгорания	19	26	41	61	81
Расстояние между осями барабанов, мм	2750				
Габаритные размеры (с площадками и лестницами), длина × ширина, м:	4,28×4,3	5,05×4,3	7,44×5,13	9,26×4,67	11,55×4,63
высота (от пола до оси верхнего барабана)	5,05	5,05	4,4	4,72	4,72
масса металла в объеме заводской поставки, т	9,44	10,5	13,1	20,2	23,3

# ПАРОВЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

## Паровые котлы серии ДЕ

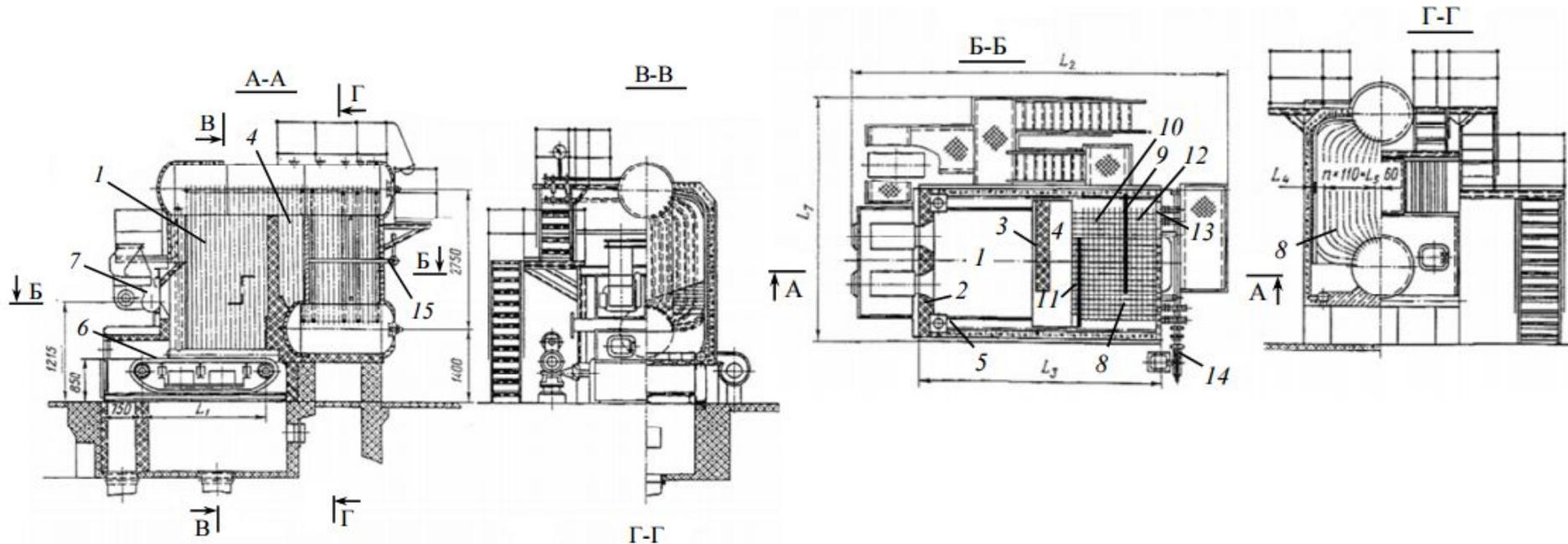


# ПАРОВЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

## Паровые котлы серии КЕ

Паровые котлы серии КЕ – это двухбарабанные агрегаты с естественной циркуляцией, слоевыми топками паропроизводительностью 2,5–25 т/ч, которые предназначены для выработки насыщенного или перегретого пара давлением 1,4 и 2,4 Мпа.

Котлы этой серии работают на каменных и бурых углях, имеют длинный верхний и укороченный нижний барабаны внутренним диаметром 1000 мм и толщиной стенки 13 мм, которые расположены в одной вертикальной плоскости. Передняя часть верхнего барабана изолирована и расположена над топочной камерой.



# ПАРОВЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

## Технические характеристики котлов серии КЕ

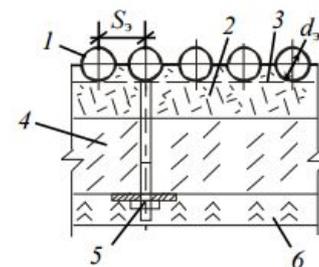
Технические характеристики котлов серии КЕ

Параметр	Тип котла				
	КЕ-2,5	КЕ-4	КЕ-6,5	КЕ-10	КЕ-25
Паропроизводительность $D$ , т/ч	2,5	4	6,5	10	25
Давление пара, МПа	1,4				
Характеристика пара	Насыщенный				
Газовое сопротивление котла при топливе, Па:					
каменный уголь	546	1123	1120	1284	1227
бурый уголь	—	1460	1458	1542	—
Площадь зеркала горения $F_{зг}$ , м <sup>2</sup>	2,75	3,3	4,4	6,4	13,4
Площадь поверхности стен топки $F_{ст}$ , м <sup>2</sup>	37,2	38,57	44,52	57,3	113
Площадь поверхности экранов топки $F_{эк}$ , м <sup>2</sup>	19,12	20,51	24,78	30,3	92,1
Объем топки, м <sup>3</sup>	10,47	12,03	14,77	22,6	48,7
Глубина топки, мм	1605	1800	2077	2105	2170
Ширина топки, мм	2270		2874	2710	
Диаметр экранных труб, мм	51×2,5				
Шаг труб боковых экранов, мм	55				
Площадь поверхности котельных пучков $F_{кп}$ , м <sup>2</sup>	62	94	149	214	418
Площадь живого сечения для прохода продуктов сгорания, м <sup>2</sup>	0,38	0,59	0,95	1,15	—
Расположение труб конвективных пучков	Коридорное				
Диаметр труб конвективных пучков, мм	51×2,5				
Высота газоходов 1-го и 2-го пучка, м	2,1				
Поперечный шаг труб котельного пучка, мм	90			220 и 110	

Параметр	Тип котла				
	КЕ-2,5	КЕ-4	КЕ-6,5	КЕ-10	КЕ-25
Продольный шаг труб котельного пучка, мм	110				95
Число рядов труб по оси барабана 1-го котельного пучка	7	9	14	17	3 шах. + 49 кор.
Число рядов труб по оси барабана 2-го котельного пучка	4	6	9	11	
Число рядов труб котельного пучка поперек барабана	18		20		
Габаритные размеры (с площадками и лестницами), м:					
длина	5,1	6,4	7,7	8,5	13,6
ширина	4,5	4,5	4,5	4,5	6,0
высота	4,15	1,15	4,15	4,15	6,0
Масса в объеме заводской поставки, кг	9817	11335	13946	16668	39212

Схема обмуровки боковых экранных труб котлов типа КЕ:

1 – экранные трубы; 2 – шамотобетон; 3 – металлическая сетка; 4 – минеральная вата; 5 – металлический штырь с шайбой и гайкой; 6 – магнезиальная обмазка



# ПАРОВЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

## Технические характеристики котлов серии КЕ



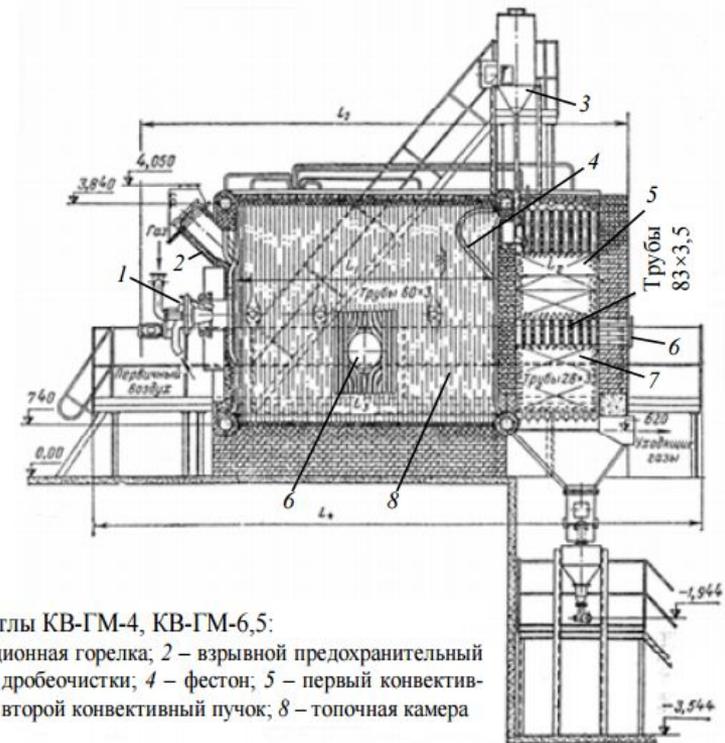
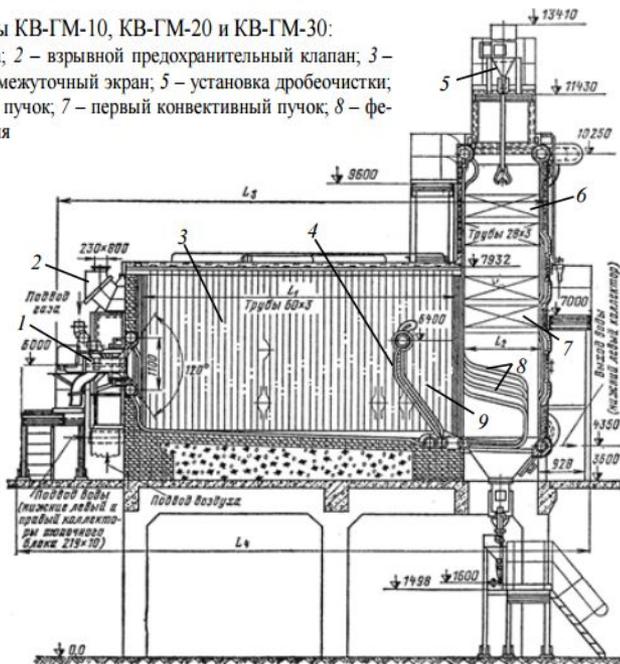
# ВОДОГРЕЙНЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

## Водогрейные котлы серии КВ-ГМ

Стальные прямоточные газомазутные котлы серии КВ-ГМ в соответствии со шкалой теплопроизводительности конструктивно подразделяются на четыре унифицированные группы: 4 и 6,5; 10, 20 и 30; 50 и 100; 180 Гкал/ч (4,7 и 7,5; 11,7, 23,4 и 35; 58,5 и 117; 210,6 МВт). Такие котлы не имеют несущего каркаса, обмуровка у них облегченная трехслойная, состоящая из шамотобетона, минераловатных плит и магнезиальной обмазки (рис. 4.1), крепится к трубам топки и конвективной части.

Водогрейные котлы КВ-ГМ-10, КВ-ГМ-20 и КВ-ГМ-30:

1 – газомазутная горелка; 2 – взрывной предохранительный клапан; 3 – топочная камера; 4 – промежуточный экран; 5 – установка дробеочистки; 6 – второй конвективный пучок; 7 – первый конвективный пучок; 8 – фестон; 9 – камера догорания



Водогрейные котлы КВ-ГМ-4, КВ-ГМ-6,5:

1 – газомазутная ротационная горелка; 2 – взрывной предохранительный клапан; 3 – установка дробеочистки; 4 – фестон; 5 – первый конвективный пучок; 6 – лаз; 7 – второй конвективный пучок; 8 – топочная камера

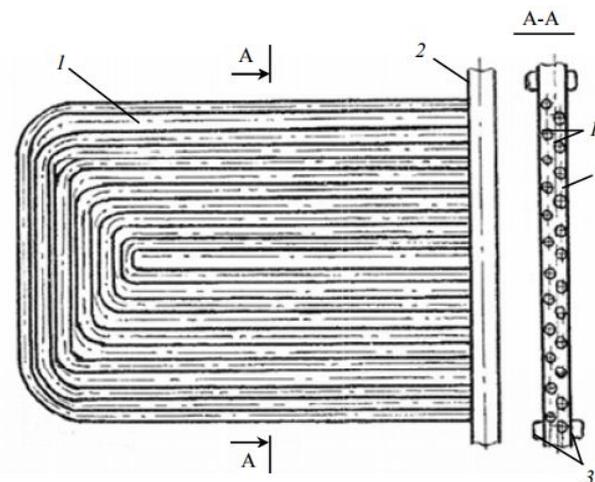
# ВОДОГРЕЙНЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

## Водогрейные котлы серии КВ-ГМ

Технические характеристики водогрейных котлов КВ-ГМ

Параметр	Тип котла				
	КВ-ГМ-4	КВ-ГМ-6,5	КВ-ГМ-10	КВ-ГМ-20	КВ-ГМ-30
Теплопроизводительность (полезная тепловая мощность) котла $Q$ , МВт	4,65	7,56	11,6	23,6	34,8
Расход воды через котел, т/ч	49,5	80,4	123,5	247	370
Рабочее давление, МПа	0,8–1,4	0,8–1,4	2,5	2,5	2,5
Температура воды на входе в котел $t_{вх}$ , °С	70				
Температура воды на выходе из котла $t_{вы}$ , °С	150				
Сопротивление газового тракта котла, Па:					
при работе на газе	221	229	418	570	650
при работе на мазуте	258	261	460	600	670
Площадь поверхности стен топки $F_{ст}$ , м <sup>2</sup>	57,9	73,5	82,8	106,5	126,9
Площадь поверхности экранов топки $F_{эк}$ , м <sup>2</sup>	38,6	48,9	53,6	106,6	126,9
Объем топки, м <sup>3</sup>	16,4	21,8	38,3	51,2	77,6
Глубина топки, мм	2496	3520	3904	6384	8484
Ширина топки, мм	2040		2880		3200
Диаметр экранных труб и толщина стенки, мм	60×3				
Шаг экранных труб, мм	64				
Площадь поверхности 1-го конвективного пучка, м <sup>2</sup>	44,35	75,2	110,75	203,25	296,3
Площадь поверхности 2-го конвективного пучка, м <sup>2</sup>	44,35	75,2	110,75	203,25	296,3
Расположение труб конвективных пучков	Шахматное				

Параметр	Тип котла				
	КВ-ГМ-4	КВ-ГМ-6,5	КВ-ГМ-10	КВ-ГМ-20	КВ-ГМ-30
Диаметр труб конвективных пучков, мм	28×3				
Поперечный шаг труб конвективного пучка, мм	64				
Продольный шаг труб конвективного пучка, мм	40				
Высота конвективной шахты, мм	3840		7300		
Глубина конвективной шахты, мм	608	1056	768	1536	2080
Общая длина котла с площадками, мм	7257	8760	8350	10540	13530



Ширма конвективной поверхности нагрева котлов КВ:  
1 – U-образные трубы диаметром 28×3 мм; 2 – коллекторная труба (боковая экранная труба конвективной шахты) диаметром 83×3,5 мм; 3 – плавники

# ВОДОГРЕЙНЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

## Водогрейные котлы серии КВ-ГМ

конвективный блок

конвективные пакеты  
труба 28x3

топочный блок  
труба 60x3

Котлы серии КВГМ





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!  
ДО ВСТРЕЧИ НА СЛЕДУЮЩЕЙ  
ЛЕКЦИИ 😊