

# Лекция 4. Конструкции

## КОТЛОВ

Трошев Д.С.

Секундарный преподаватель кафедры ПТЭ и Э  
УО ГГТУ им. П.О. Сухого

2016 год

**Трошев**

# Конструкция водогрейных котлов

Существуют два типа водогрейных котлов.

- 1) Водотрубный водогрейный котел – водогрейный котел, в котором вода движется внутри труб поверхностей нагрева, а продукты сгорания топлива снаружи труб.
- 2) Газотрубный водогрейный котел – водогрейный котел, в котором продукты сгорания топлива проходят внутри труб поверхностей нагрева, а вода снаружи труб.
- Различают паротрубные, дымогарные и жаротрубно-дымогарные водогрейные котлы.

## Преимущества конструкции жаротрубных (и дымогарных) котлов перед водотрубными:

- меньшие габариты;
- простота очистки поверхностей нагрева от сажевых отложений;
- большой диапазон возможного регулирования снимаемой мощности;
- меньшее гидравлическое сопротивление (а значит и меньшие затраты на насосы и электроэнергию);
- высокая ремонтопригодность.

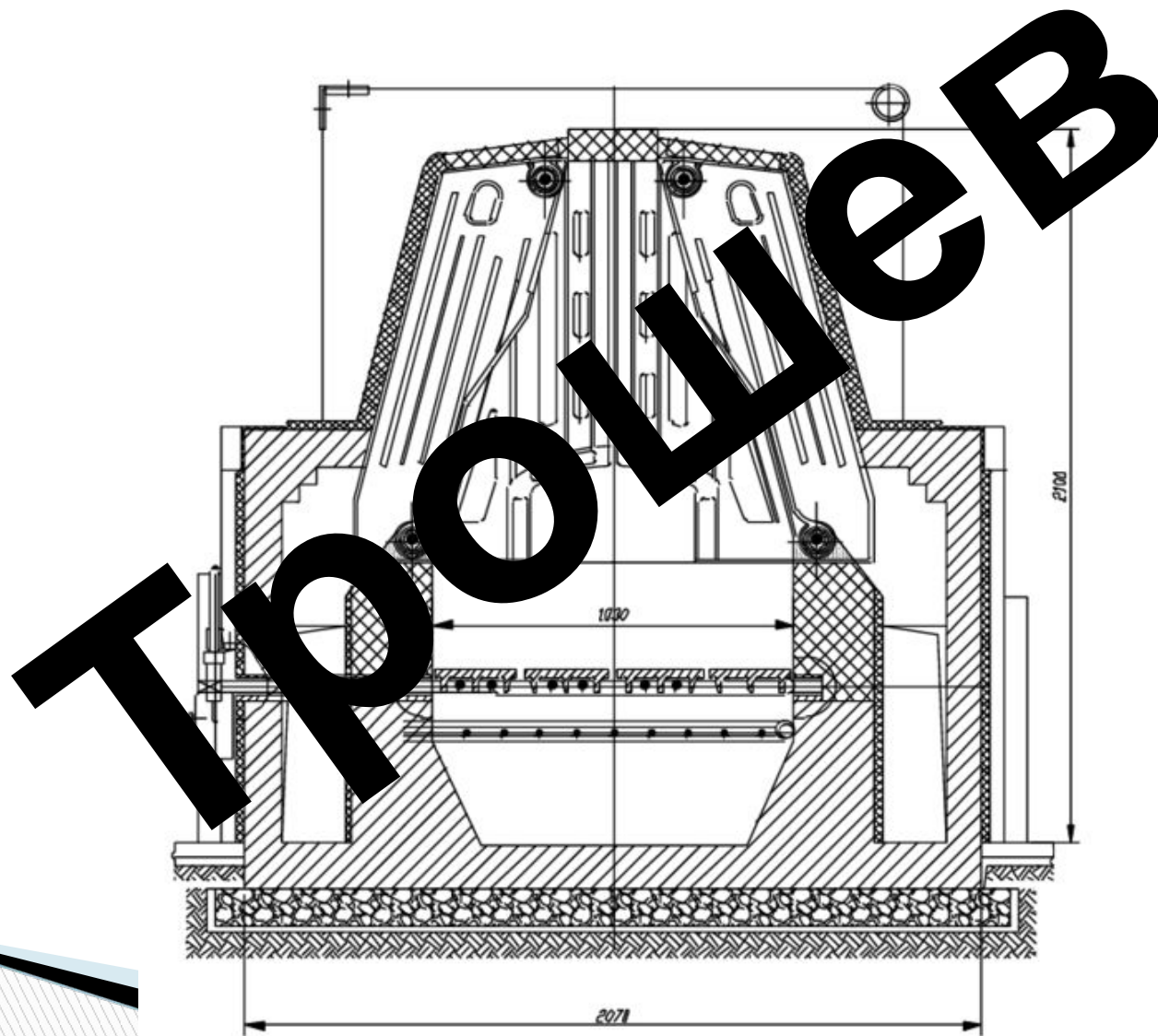
## Недостатки конструкции жаротрубных (и дымогарных) котлов перед водотрубными:

- При неграмотном подходе со стороны проектировщиков и эксплуатационных служб в первые же годы могут возникнуть проблемы в виде вздутий, трещин и течи теплообменника.
- Для предотвращения кипения в водотрубных котлах конструкцией уже предусмотрена скорость движения поверхности нагрева не менее 1 м/с. А вот у жаротрубного без специальных технических решений вода настолько мала, что осадок частиц практически неизбежен. То есть водоподготовка таких котельных сама по себе не решает задачи устойчивости работы. На дне теплообменника при отсутствии защиты его футеровочным сводом образуются вздутия из-за шлака и накипи.
- На трубной доске при недостаточном теплообмене из-за нарушения правильной циркуляции дымовые газы создают локальный перегрев и в сварных швах появляются трещины, которые в дальнейшем только увеличиваются.

# Секционные чугунные котлы

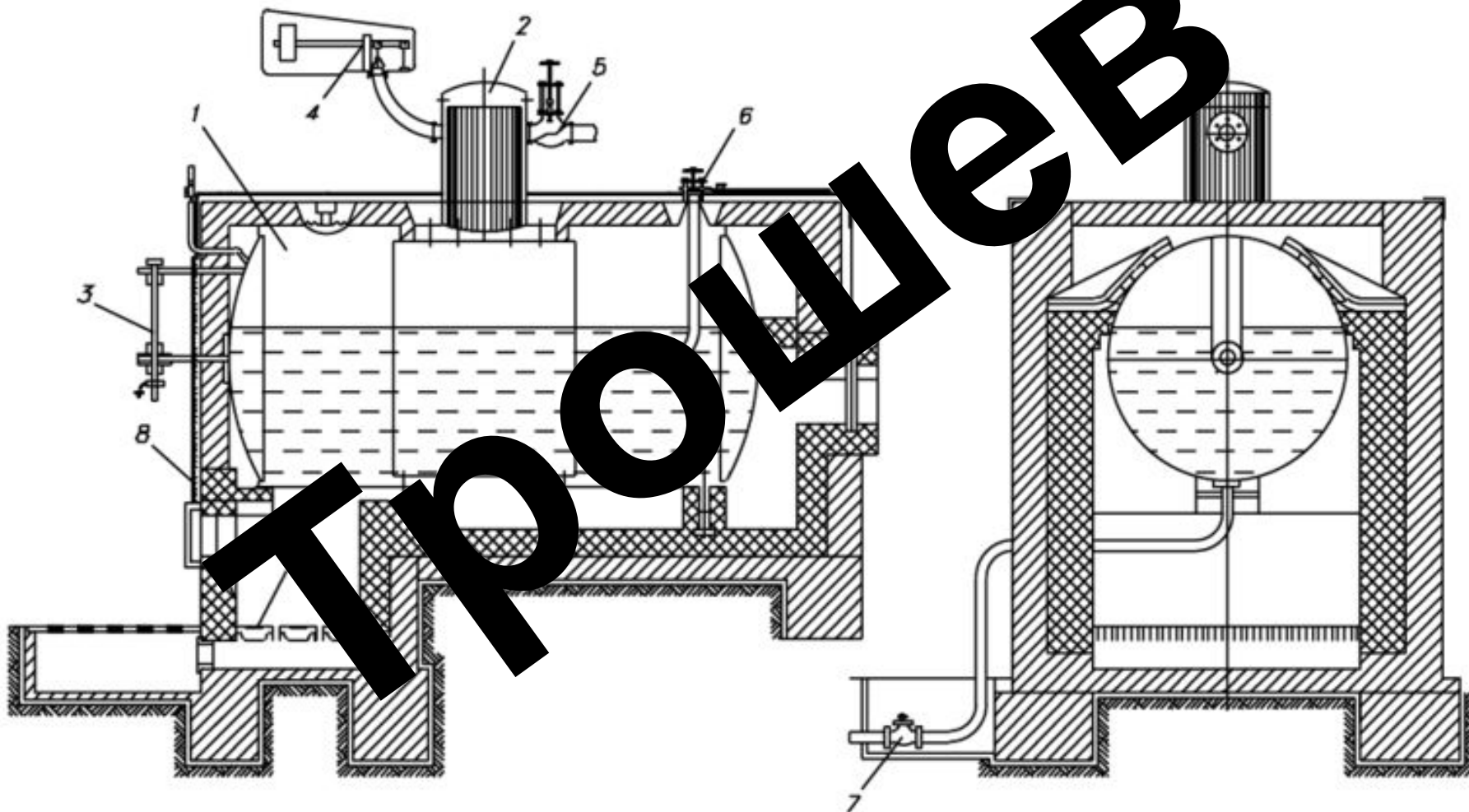
- Секционные чугунные котлы разделяют на котлы с внутренними топками и на котлы с внешними топками. Как правило, котлы теплопроизводительностью  $< 10$  кВт изготавливают в виде моноконструкции, а теплопроизводительностью  $> 10$  кВт изготавливают в виде сборных секций. Большинство конструкций секционных водогрейных котлов могут работать как паровые (в паровых вариантах их дополнительно оборудуют барабанами – паросборниками).
- Чугунные секционные котлы являются котлами низкого давления, их используют в качестве водогрейных при температуре воды  $\leq 115^{\circ}\text{C}$  и при статическом давлении до  $0,6$  МПа ( $6$  кгс/см<sup>2</sup>).

# Чугунные котлы «Универсал»





# Котлы горизонтально-цилиндрические

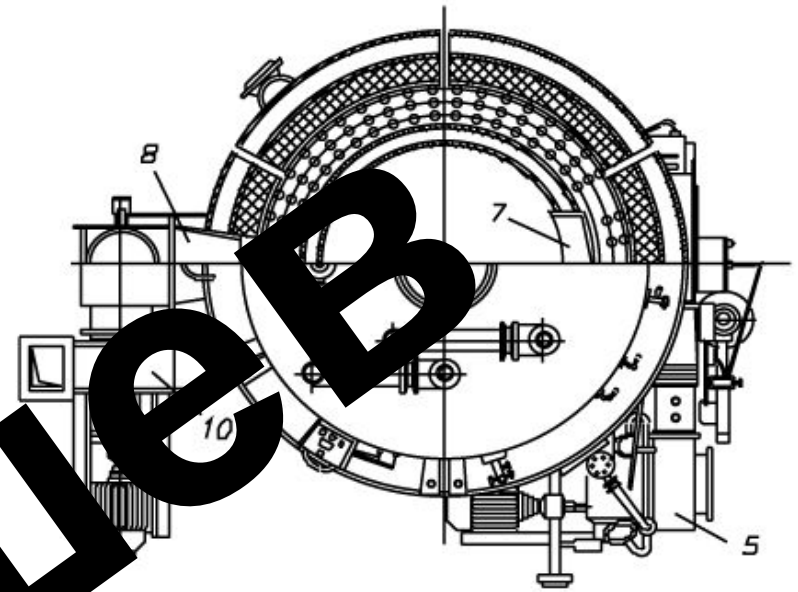
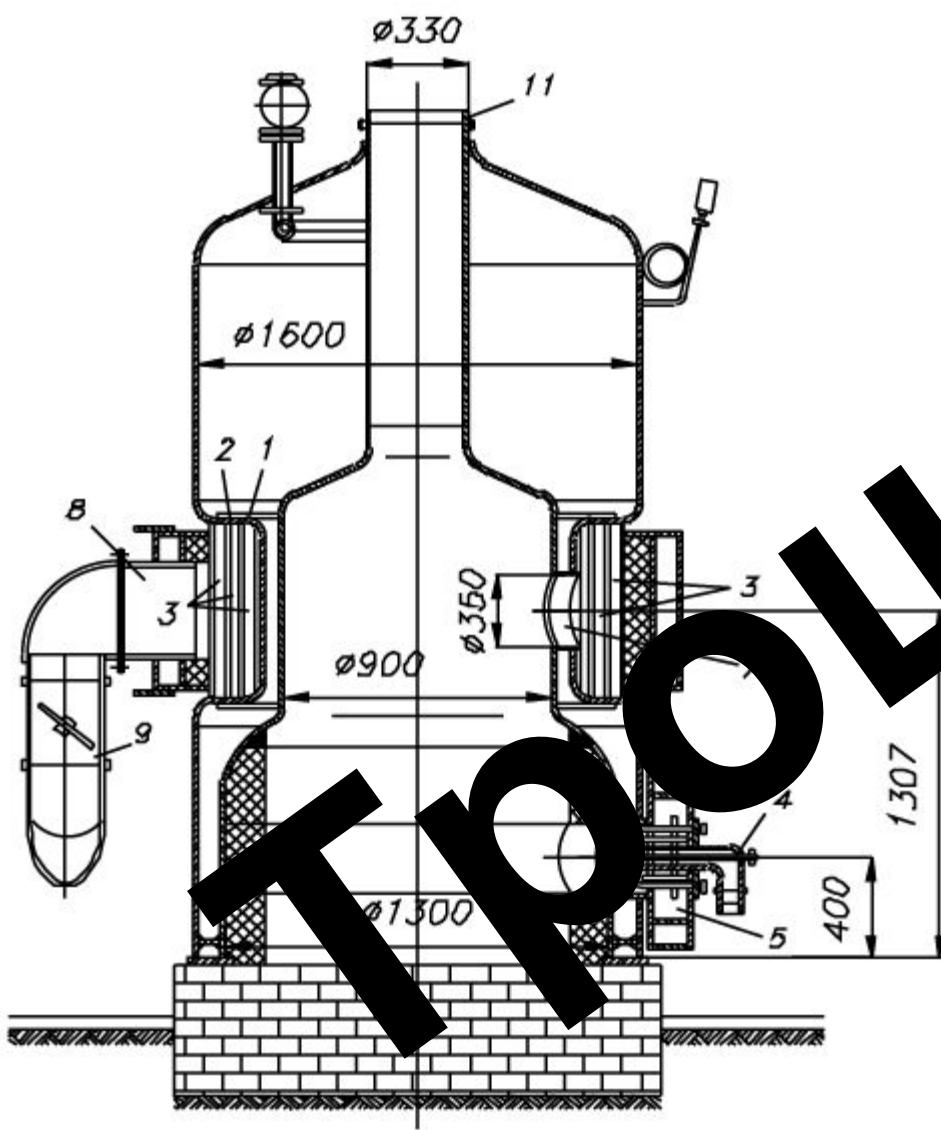




- ▣ Он состоит:
- ▣ из цилиндрического барабана – 1
- ▣ с установленным на нем регулятором – 2,
- ▣ водоуказательными стеклами – 3,
- ▣ предохранительными клапанами – 4,
- ▣ паровым вентилем – 5,
- ▣ питательным клапаном – 6,
- ▣ сливным вентилем – 7.

# Котлы вертикально-цилиндрические

- Котел МЗК состоит из двух вертикально расположенных концентрических обечеек, межкотельное пространство которых перегородено двумя горизонтальными, верхней – 1 и нижней – 2, перегородками. Эти перегородки сварено три ряда кипячительных труб 3. Топочной камерой служит внутренний цилиндр, который по существу представляет вертикальную жаровую трубу. Горелки – 4 (5) с вентилятором – 6 расположены с фронта котла. Дымовые газы из топки через специальный выход – горловину – 7 попадают в межкотельное пространство котла и поперечным потоком омывают кипячительные трубы, а затем через боковое отверстие – 8 удаляются с помощью патрубка – 9 и дымохода – 10 в дымовую трубу. На фланце – 11 устанавливается взрывной клапан.



**ТРОЛЛЕЙ**

Специфическим недостатком вертикально-цилиндрических котлов является пониженная теплопередача в нижней части барабана из-за шлама и отложений.

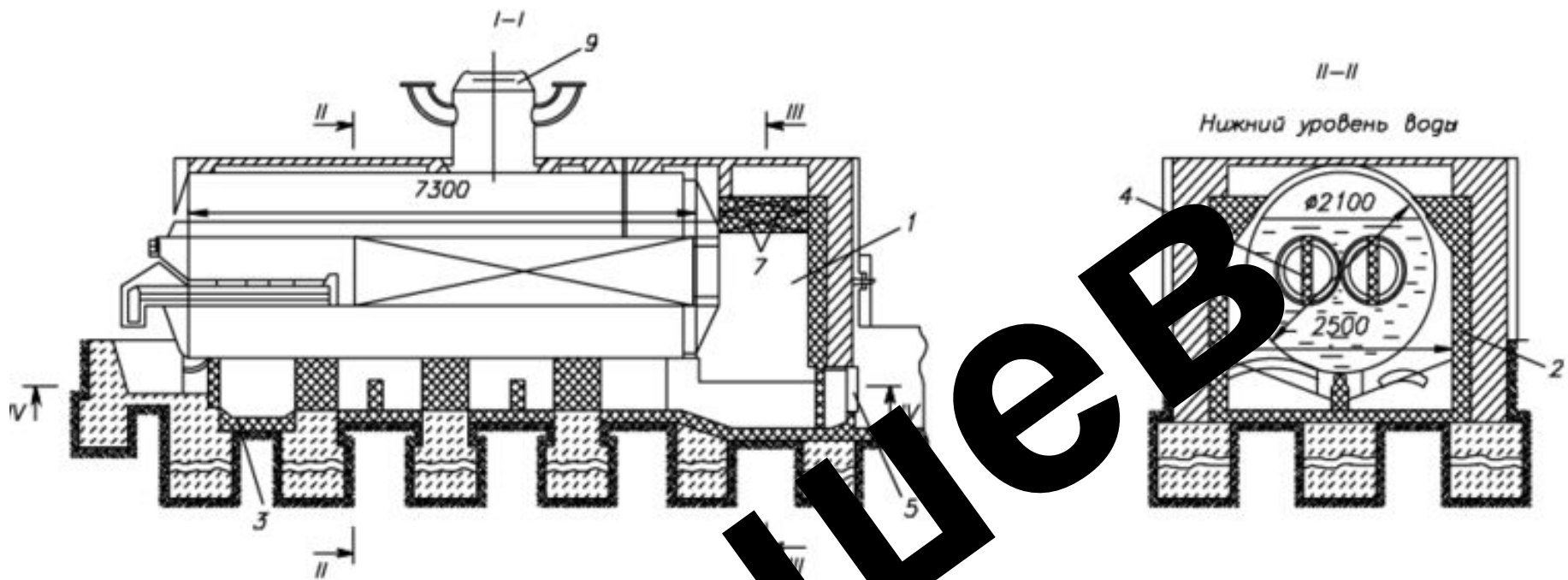
Общими достоинствами цилиндрических котлов являются:

- простота и надежность конструкции;
- способность отапливаться по необходимости твердым, жидким, газообразным топливом (зависит от конструкции топки)

Общий недостаток цилиндрических котлов заключается в высоких напряжениях, возникающих в продольном и поперечном сечениях цилиндрического барабана, которые пропорциональны его диаметру. Именно это обстоятельство препятствует разработке мощных цилиндрических котлов, способных обеспечить более высокие параметры теплоносителя (пара).

# Котлы жаротрубные

- Жаротрубные котлы представляют собой цилиндрический барабан, внутри которого расположена одна или две жаротрубные трубы. Жаротрубные котлы в зависимости от направления потока газов, уровня воды, футеровки, гарнитуры могут быть и паровыми и водогрейными.



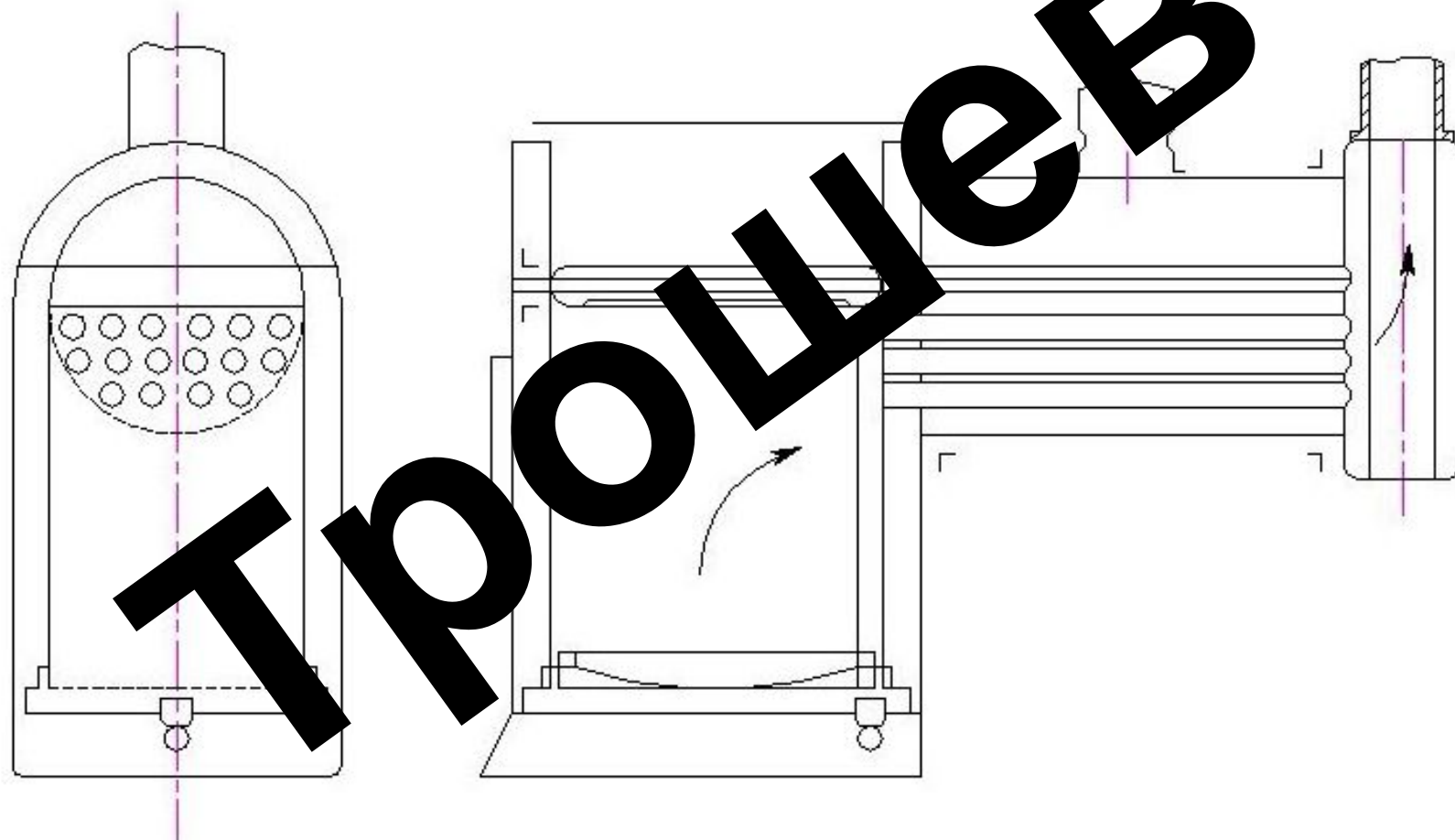
- Образующиеся дымовые газы, выходя из жаровых труб (первые газоходы), попадают в поворотную камеру – отсюда по второму газоходу – 2 направляются к фронту котла, омывая поверхность нагрева, заштрихованную крестиками (разрез I-I). Далее через отверстие – 3 дымовые газы поступают из второго газохода в третий – 4, расположенный симметрично второму, и, омывая боковую поверхность (не заштрихованную), уходят в боров – 5. Котел установлен на чугунных опорах – 6, из которых две левые – подвижные, крайняя правая – неподвижная. Во избежание деформаций при тепловых расширениях котел перемещается в левую сторону. Снаружи котел заключен в кирпичную обмуровку – 7, стянутую металлическим каркасом – 8. Для очистки котла от накипи используется люк 9, а для очистки котла от наружных загрязнений – лазы – 10.

К достоинствам жаротрубных котлов можно отнести большой водяной объем и развитое зеркало испарения, позволяющее использовать котлы при резко переменных нагрузках, когда вследствие большого объема воды котел одновременно играет роль аккумулятора.

К недостаткам жаротрубных котлов относят:

- повышенную металлоемкость;
- громоздкость (относительно низкие удельные показатели);
- высокие напряжения, возникающие в продольном и поперечном сечениях барабана (то же, что и у цилиндрических котлов).

# Котлы дымогарные





В дымогарных котлах жаровые трубы-топки заменены системой труб малого диаметра, это позволяет увеличить удельную поверхность теплопередачи и придает дымогарным котлам большую, по сравнению с жаротрубными, компактность. В результате удельная металлоемкость дымогарных котлов ниже, чем у жаротрубных.

К основным недостаткам дымогарных котлов, кроме высоких напряжений в продольном и поперечном сечении барабана (для дымогарных цилиндрических котлов), относят:

- значительные (повышенные) трудности, связанные с очисткой межтрубного пространства от накипи;
- повышенные удельные расходы топлива на единицу вырабатываемой теплоэнергии, обусловленные выносными топками.

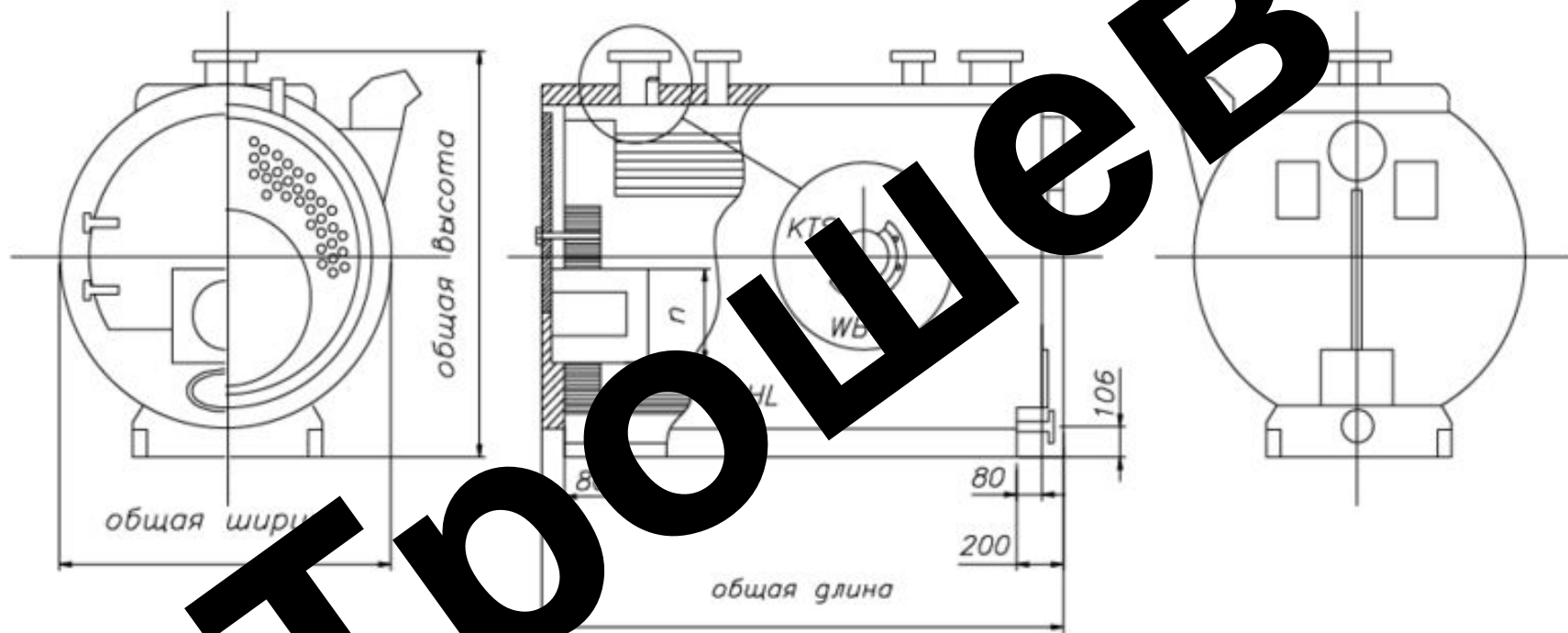
# Котлы жаротрубно-дымогарные

Жаротрубные котлы, оснащенные дымогарными трубами, являются жаротрубно-дымогарными котлами (однако их часто называют «жаротрубные» или «дымогарные», что по существу определения неверно).

Типичные представители жародымогарных котлов – это водогрейные котлы марок:

- «КВа-Ж» (ОАО «Подольский котломаш»);
- «Стал»;
- «Wiessmann»;
- «Hoval st-plus».

# Котел водогрейный жародымогарный «Viessmann»



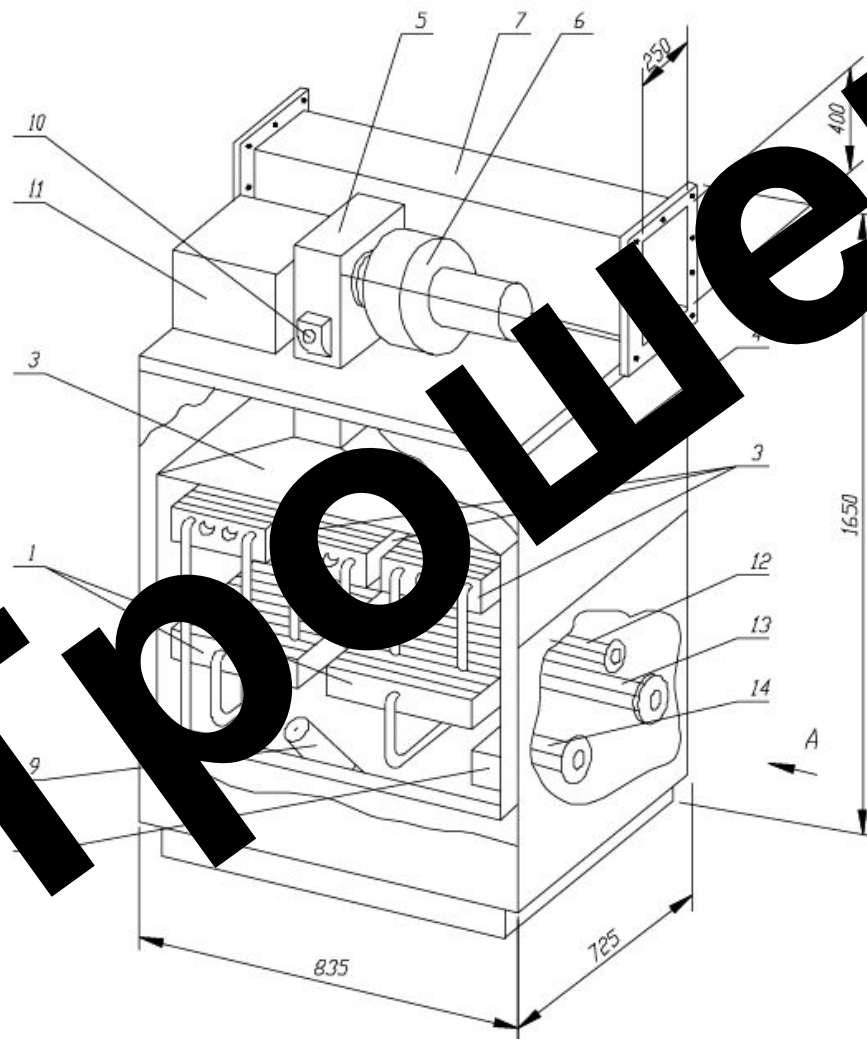


ПРОЦЕВ

# Котлы горизонтально-водотрубные водогрейные

- К горизонтально-водотрубным водогрейным котлам относят котлы бытового и отопительного классов с принудительной циркуляцией теплоносителя, работающие на газообразном топливе (как правило). Теплообменниками в этих котлах являются ребренные трубы или трубы сложной конфигурации. Теплообменники – трубы расположены в кожухе котла горизонтально, пакетами в один или несколько этажей. Нагреваемая вода циркулирует по трубам. Отопление котла производится многофакельными подовыми горелками (большой частью инжекционными непленочного строения). Подовые горелки встроены в кожух котла непосредственно под трубные пакеты.

# Горизонтально-водотрубный водогрейный котел «ВИКМА-Проф-125»



- 1 – горелка; 2 – камера сгорания; 3 – теплообменник; 4 – каркас; 5 – выключной короб вентилятора; 6 – вентилятор; 7 – газоздушный бороз; 8 – блок розжига; 9 – терморегулятор; 10 – датчик тяги; 11 – блок управления; 12 – газопровод; 13 – труба подвода воды; 14 – труба отвода воды.

# Технические характеристики горизонтально-водотрубных водогрейных котлов

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Заводская марка котлов	
			«Викма-Проф-12»	«Гидроник-580»
1	Номинальная теплопроизводительность	МВт	0,25	0,58
2	Номинальное давление природного газа	Па	1300	996
3	Коэффициент полезного действия	%, мен	90	92
4	Максимальная температура воды на выходе из котла		95	115 (93)
5	Максимальное рабочее давление воды	МПа	0,6	0,53
6	Номинальный расход газа	м <sup>3</sup> /ч	15,1	66,0
7	Масса котла	кг	250	885
8	Габаритные размеры: ширина × глубина × высота	мм	835×725×1650	1854×1384×1778
9	Номинальный расход воды	м <sup>3</sup> /ч	5,5	-
10	Отапливаемая площадь	м <sup>2</sup>	1250	5800



- Особенностью горизонтально-водогрейных котлов является конструкция теплообменников, в которые, как правило, изготавливают из меди. С одной стороны, это обстоятельство исключает коррозию (в привычном понимании), снижает эрозию, отложения, термосеппрование – тем самым увеличивая эффективность теплопередачи и продолжительность эксплуатации, а с другой стороны – позволяет использовать котлы этого типа при максимальном рабочем давлении воды выше 0,1 – 0,2 МПа.

# Котлы вертикально-водотрубные водогрейные

Водотрубные котлы с наклоном труб относительно горизонтали  $\geq 50^\circ$  называют вертикально-водотрубными. В основу конструирования этих котлов были положены следующие принципы:

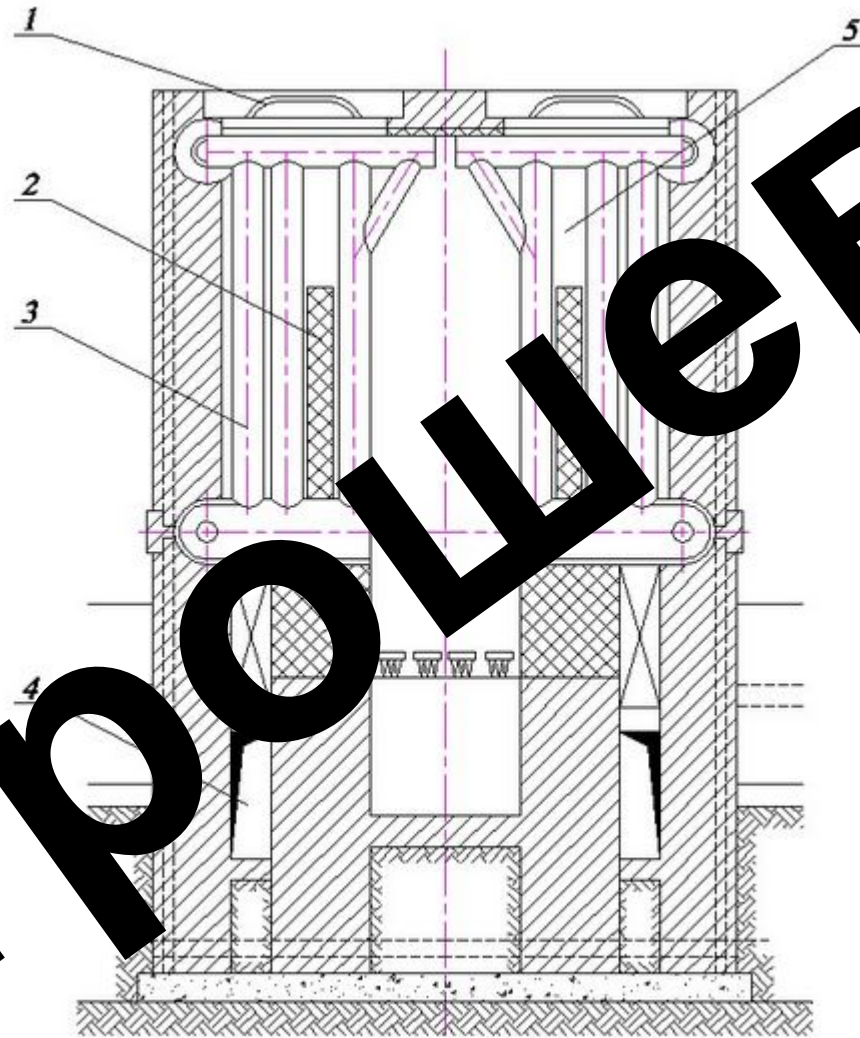
- вертикальное расположение труб небольшого диаметра (при таком расположении в трубах отложений значительно меньше, чем при горизонтальном),
- водотрубное размещение топочной камеры снижает, по сравнению с горизонтально-водотрубными котлами, удельную материалоемкость.

Вертикально-водотрубные водогрейные котлы являются котлами отопительного назначения. К ним относят:

- стальные секционные котлы типов «НР», «НИИСТУ», «ЗИО» и т.п.
- стальные моноблочные котлы типов «КВа», «КВ-Г», «ТВБ» и т.п.

Сборку секционных котлов производят по месту. Моноблочные поставляются в собранном виде готовыми к эксплуатации.

# Котел НР-18



**ТРОЩЕВ**

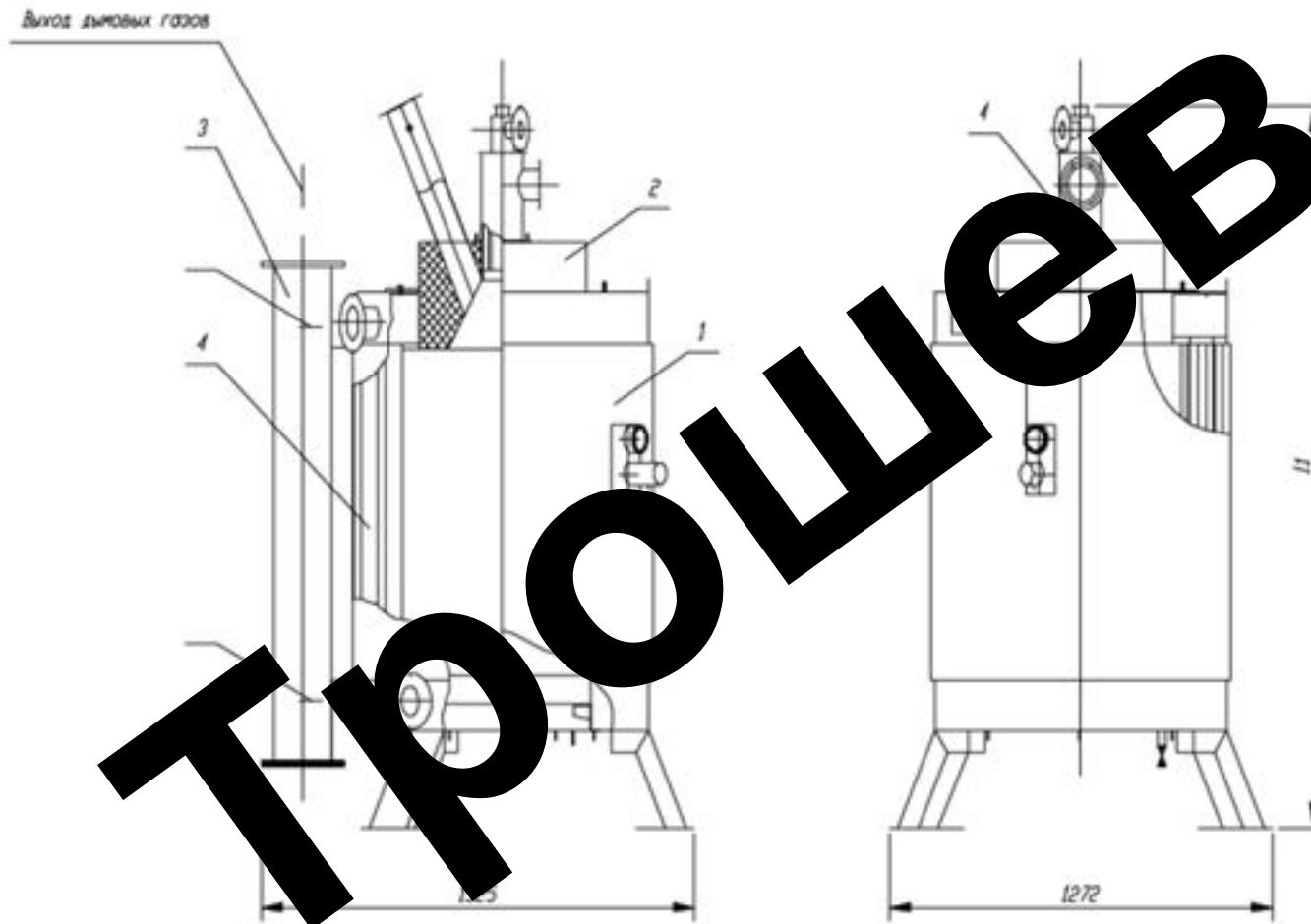
- 1 – крышка люка для очистки; 2 – перегородка из огнеупорного кирпича; 3 – трубная секция; 4 – газоход.

- Стальные секционные котлы работают под разрежением за счет естественной тяги, создаваемой дымовой трубой.
- Стальные секционные котлы предназначены для нагрева воды до температуры не выше 110°C. Секции котла НР-18 сваривают из трех труб  $D 89$  мм и одной трубы  $D 108$  мм (коллектор), в которые сверху и снизу вварены вертикальные трубы. Внутренний ряд труб отделен от двух других рядов вертикальной перегородкой и огнеупорного кирпича, образующей радиационную (дооковые экраны) и конвективную части котла. Из топки высокотемпературные продукты сгорания через проем протекают в конвективную часть котла. Опускаясь вниз по конвективной части, продукты сгорания поступают в газоход. Из газохода охлажденные продукты сгорания уходят в дымовую трубу. Стальные секционные котлы работают на твердом, жидком и газообразном видах топлив.

## Технические характеристики вертикально-водотрубных водогрейных котлов марок: «НР», «Надточия», «НИИСТУ» (стальные секционные) (КПД 80-85%)

Тип котла	Число секций	Площадь поверхности нагрева, м <sup>2</sup>			Удельный теплосъем, Мкал/(м <sup>2</sup> ×ч)	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч
		котла	средней секции	передней секции		
НР-17	24	48	1,67	-	10	59
НР-18	16	27-54	1,67	-	10	38
НР-18М	14	44	-	-	16	163
«Надточия»	3-6	20-7	9	2	12	34-80
«НИИСТУ-5»	4-7	25-46	7,1	5,5	12	42-78

# Вертикально-водотрубный водогрейный котел – КВа (моноблочный)



- 1 – корпус котла; 2 – амбразура; 3 – короб газохода; 4 – горелка; 5 – трубная система.

- Котлы типов «КВа», «КВ-Г», «ТВГ» работают под избыточным давлением. Создают избыточное давление воздух, подаваемый дутьевым вентилятором, и топливо, поступающее в горелку из топливораспределительного устройства. В горелке происходит смешение топлива и воздуха и весь топливовоздушный тракт работает под наддувом. Топки этих котлов образованы внутренними стенками топочной системы котлов. Газоплотность топочных камер обеспечивается приварными мембранами, установленными в зазорах между трубами. Трубная система предназначена для подогрева воды и организации движения продуктов сгорания в межтрубном пространстве (обтекание по поверхности теплопередачи). Трубная система образует радиационно-экранную и конвективную части котла. Трубная система состоит из двух кольцевых коллекторов, соединенных между собой прямыми вертикальными трубами, расположенными по нескольким同心圆 числам окружностям в шахматном порядке. Верхний и нижний коллекторы имеют штампованные трубные решетки, к которым приварены трубы. Кольцевые коллекторы обычно закрываются крышками.



# Технические характеристики вертикально-водогрейных водотрубных котлов «КВа» (моноблочных).

Наименование параметра	КВВ - 0,4/95	КВА - 1,0/95
1. Номинальная теплопроизводительность, МВт	• 0,4	• 1,0
2. Вид топлива	• Природный газ	• Природный газ
3. Максимальная температура воды на выходе из котла, не более, °С	• 95 ± 2	• 95 ± 2
4. Температура воды на входе, °С	• 70 ± 2	• 70 ± 2
5. Максимальное рабочее давление (абсолютное), МПа	• 0,6	• 0,6
6. КПД котла, %	• 91	• 91
7. Температура уходящих газов, °С	• 120	• 130
8. Гидравлическое сопротивление котла, МПа	• 0,21	• 0,56
9. Давление в топке, Па, не более	• 400	• 400
10. Давление газа, кПа	• 15	• 15
1. Модель горелки	• ГГВ-50	• ГГВ-150
2. Номинальный расход воды, м <sup>3</sup> /ч	• 14	• 30
3. Температура наружной поверхности котла, °С, не более	• 45	• 45
4. Масса без горелки, кг, не более	• ~ 1100	• ~ 1440
5. Высота котла, Н, мм	• 2235	• 2900

# Технические характеристики вертикально-водогрейных водотрубных котлов «КВ-Г» (моноблочных).

Наименование параметров	КВ-Г-0,3-95	КВ-Г-0,7-115	КВ-Г-1,1-115
Теплопроизводительность, МВт (Гкал/ч)	0,3 (0,26)	0,7 (0,6)	1,1 (0,95)
Давление воды, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ): на входе в котел на выходе из котла	0,4 (4) 0,3 (3)	1,0 (10) 0,9 (9)	1,0 (10) 0,9 (9)
Расчетное топливо	Газ	Газ	Газ
Расход топлива, нм <sup>3</sup> /ч	3,1	72,5	122
КПД, %	90,6	93,2	93,2
Температура сетевой воды, °С: на входе на выходе	70/95	70/115	70/115
Габаритные размеры котла агрегата, мм: длина ширина высота	171015752900	217515252775	298015252780
Масса котла, т	1,2	2,6	2,7

- К недостаткам стальных секционных котлов относят их низкий КПД, составляющий 80-83%. Это обстоятельство свидетельствует о наличии диспропорции в их конструкциях, т.е. имеет место недостаточная увязка: между газовыми объемами, водяными объемами разделяющими их поверхностями и интенсивностью теплоснабжения.
- К недостаткам монотрубных котлов относят высокие напряжения теплоснабжения и термического характера, возникающие в межтрубных мембранах. С целью сохранения газоплотности для котлов этого типа предпочтительнее безостановочный режим эксплуатации.

# Котлы вертикально-горизонтально-водотрубные водогрейные

Область применения делит котлы этого типа на котлы отопительного класса – тип 10А. Область применения делит котлы этого типа на котлы отопительного класса – тип 10А и котлы отопительно-производственного класса – тип 10Б.

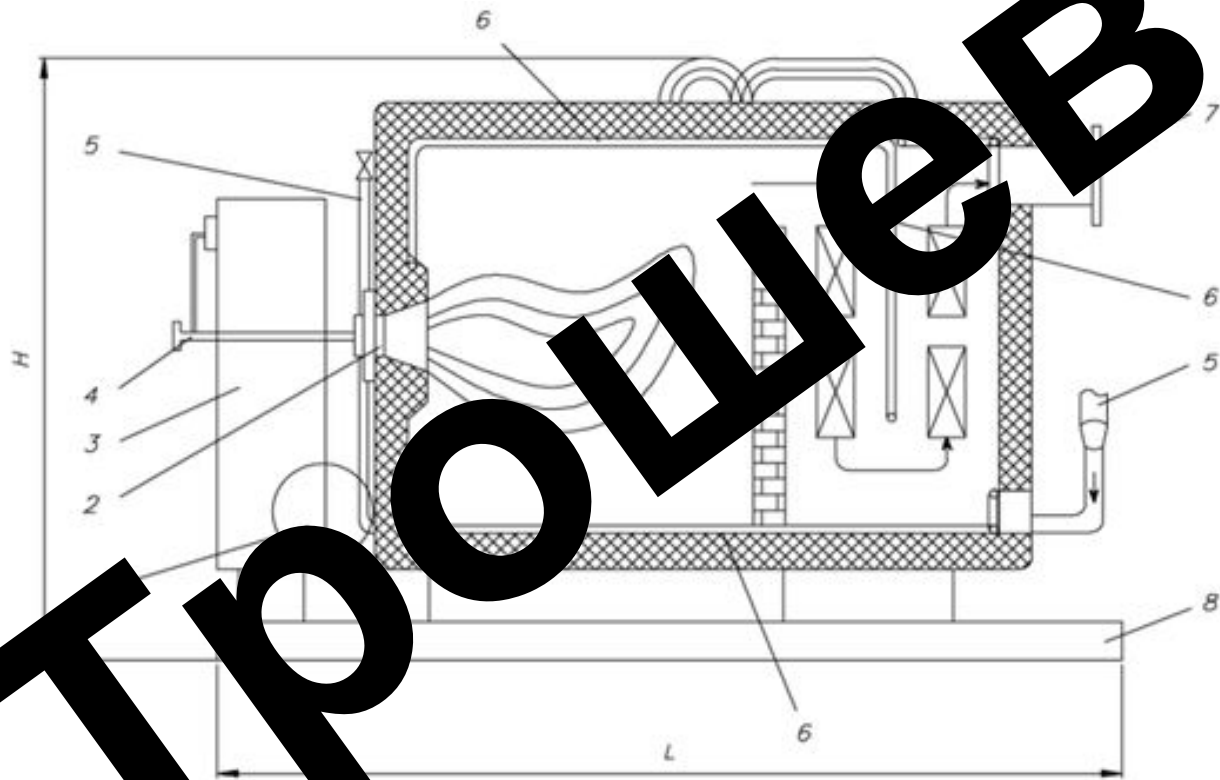
- К котлам типа 10А относятся вертикально-горизонтально-водотрубные водогрейные котлы теплопроизводительностью до 18 МВт с рабочим (избыточным) давлением воды на выходе из котла до 1,0 МПа и температурой воды на выходе до 115 °С.
- К котлам типа 10Б относятся вертикально-горизонтально-водотрубные водогрейные котлы теплопроизводительностью до 209,0 МВт с рабочим (избыточным) давлением воды до 2,8 МПа и температурой воды на выходе до 200 °С.

# Котлы отопительного класса-тип 10А

- Особенность котлов этого типа заключается в том, что стены, свод и под топкой экранированы водотрубными экранами, так же активная часть котла насыщена водотрубными экранами как вертикальными, так и горизонтальными

**ТРОШЧЕВ**

# Вертикально-горизонтально водотрубные котлы «КВа-В»

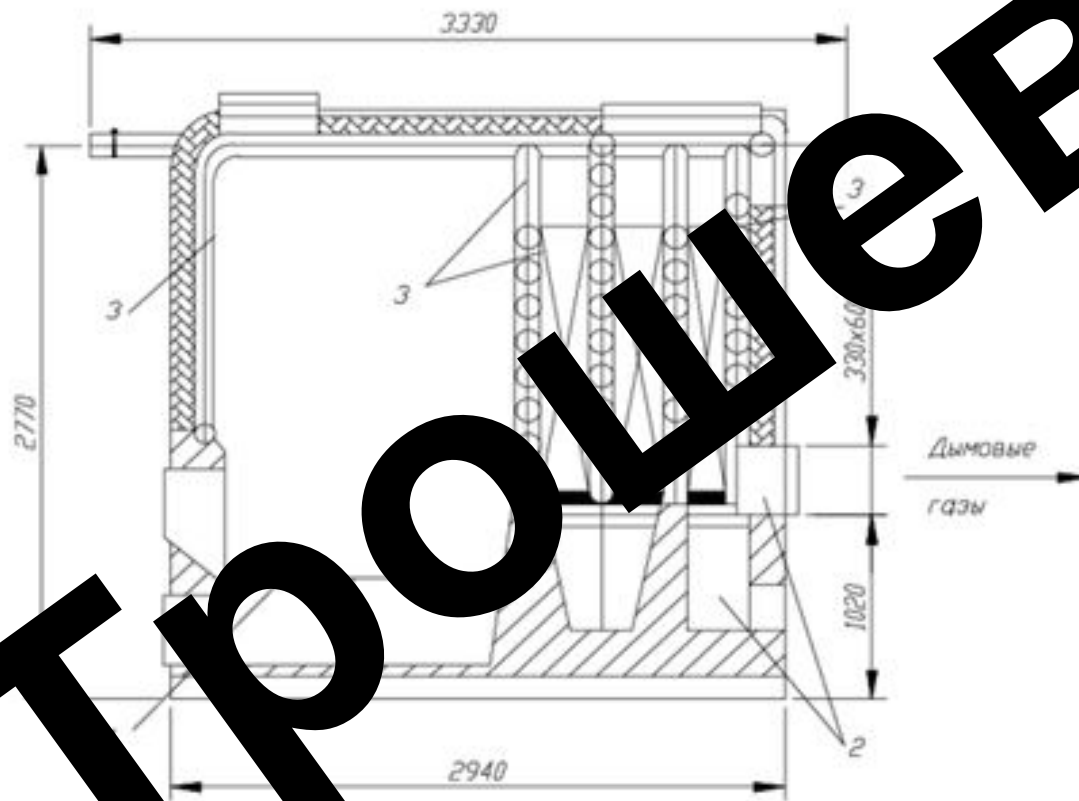


- 1 – вентустановка; 2 – горелка; 3 – шкаф управления; 4 – блок газовый; 5 – трубопровод; 6 – экран; 7 – газеход; 8 – рама.

## Технические характеристики котлов «КВа-В» .

= Наименование параметров =	КВа-1-95	КВа-2-95	КВа-3-95
Номинальная теплопроизводительность, МВт	1,16	2,32	3,48
Вид топлива	Природный газ		
Максимальная температура воды на выходе из котлоагрегата, °С	95	95	95
Температура воды на входе, °С, не менее	70	70	70
Максимальное рабочее давление, МПа	0,7	0,7	0,7
КПД котла, %	89,6	89,5	89,6
Номинальное давление газа перед горелкой, кПа	29,4	29,4	29,4
Расход газа при номинальном давлении, м <sup>3</sup> /ч	186	248	434
Температура уходящих газов, °С, не более	110	110	110
Гидравлическое сопротивление котла, МПа	0,24	0,15	0,22
Давление в топке, Па	500	500	900
Объем водяной, м <sup>3</sup>	0,58	0,89	1,15
Номинальный расход воды, м <sup>3</sup> /ч	40	80	120
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	81,6	93,6	114,1
Установленная электрическая мощность, кВт	6,5	6,5	15
Температура наружной поверхности котла, °С, не более	55	55	55
Габаритные размеры, мм:длина L ширина высота Н	4400 220 26	5300 220 3	6100 232 29
Масса, кг, не более	4100	6000	7400

# Вертикально-горизонтально водотрубный котел «КВ» («КВТ»)



- 1 – решетка; 2 – газоход и зольник; 3 – экран



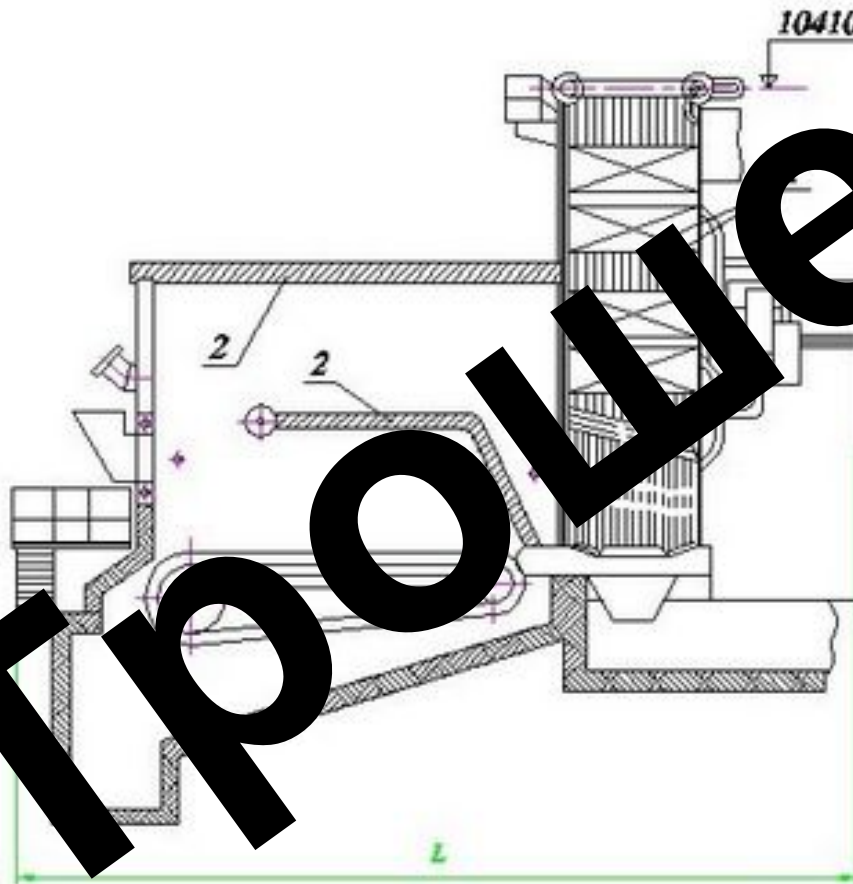
# Технические характеристики котла КВ-Р-1-95 (КВТ-0,86/95)

Наименование параметра	Единица измерения	Количество
Теплопроизводительность номинальная	МВт	1,0
Расчетное давление воды на входе в котел	МПа	0,6
Температура воды на входе в котел	°C	70
Температура воды на выходе из котла	°C	95
КПД котла на природном газе, брутто	%	91
КПД котла на угле (дровах)	%	82
Расход воды	т/ч	34
Расход топлива - дрова	кг/ч	470
Температура уходящих газов	°C	180
Гидравлическое сопротивление	МПа	0,12

# Котлы отопительно-производственного класса-тип 10Б

- Типичными представителями этого типа котлов являются котлы «КВ-ТС»; «КВ-Т»; «КВ-ГМ» («ПТВМ»).
- Предназначены для установки в отопительных и промышленно-отопительных котельных в качестве основных источников теплоснабжения.

# Котлы марок «КВ-ТС» («КВ-Р»)



- 1 – конвективные поверхности; 2 – топочные экраны.

## Котлы рассчитаны:

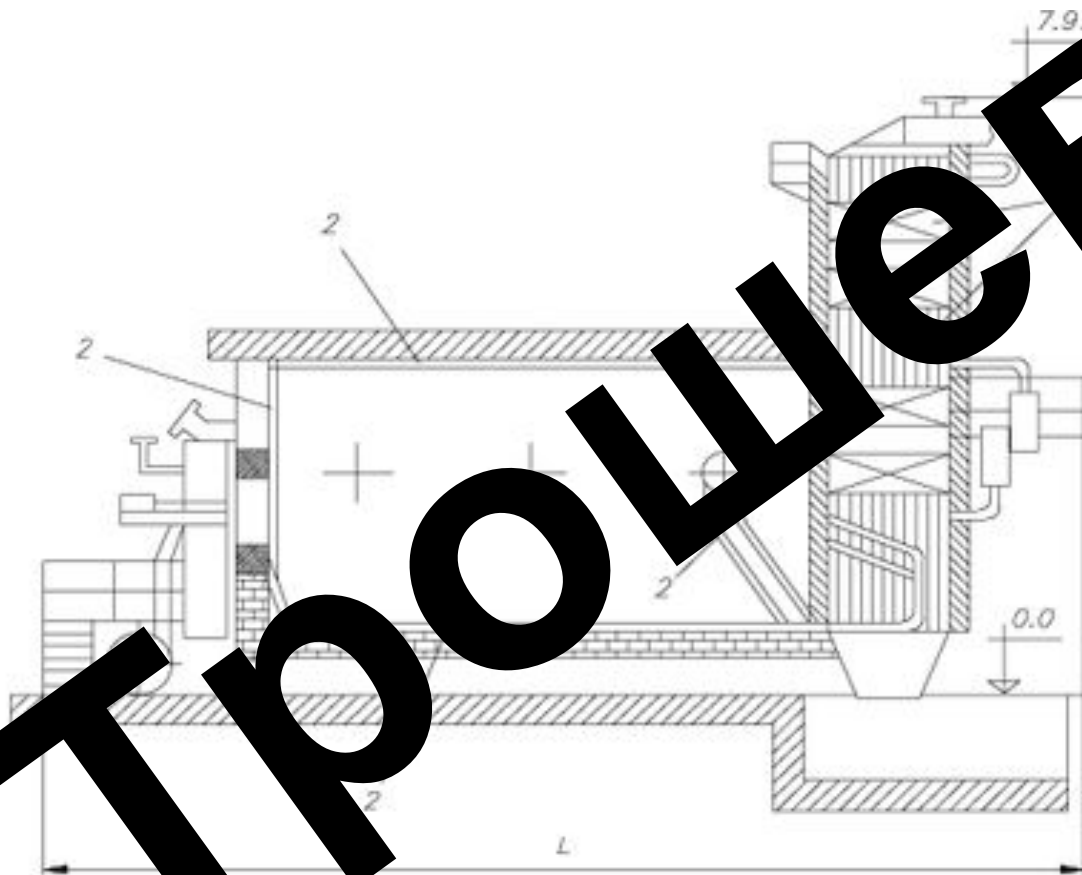
- ▣- на подогрев воды до  $150^{\circ}\text{C}$  с разностью температур на входе и выходе  $80^{\circ}\text{C}$ ;
- ▣- на постоянный расход воды через котлы на всех нагрузках;
- ▣- для работы на каменном и буром угле.

Движение воды и газов в котлах противоточное (сетевая вода подается в коллективные поверхности нагрева и выводится из топочных экранов). Котлы рассчитаны на работу с уравновешенной тягой. Диапазон регулирования нагрузки котлов 25-100% от номинальной теплопроизводительности. Котлы оборудованы устройством возврата уноса в топку и устройством острого дутья.

## Технические характеристики котлов КВ-ТС-10-150 (КВ-Р-11,63-150); КВ-ТС-20-150 (КВ-Р-23,26-150); КВ-ТС-30-150 (КВ-Р-35-150)

Наименование параметров	КВ-Р-11,63-150	КВ-Р-23,26-150	КВ-Р-35-150
Номинальная теплопроизводительность, МВт	11,63	23,26	35
Вид топлива	Уголь (дрова)		
Температура воды, °С, не менее: на входе на выходе из котлоагрегата	70/150	70/150	70/150
Максимальное рабочее давление, МПа абс	1,0	1,0	1,0
КПД котла, %: на каменном угле на буром угле	83,2 82,7	83,2 82,7	83,1 82,1
Номинальный расход воды, т/ч	123,5	247	370
Температура наружной поверхности котла, °С, не более	45	45	45
Габаритные размеры, мм: Длина L ширина	74305210	108605210	128705545
Масса, кг, не более	35300	34550	43235

# Котлы марок «КВ-ГМ»



- 1 – конвективные поверхности; 2 – топочные экраны.

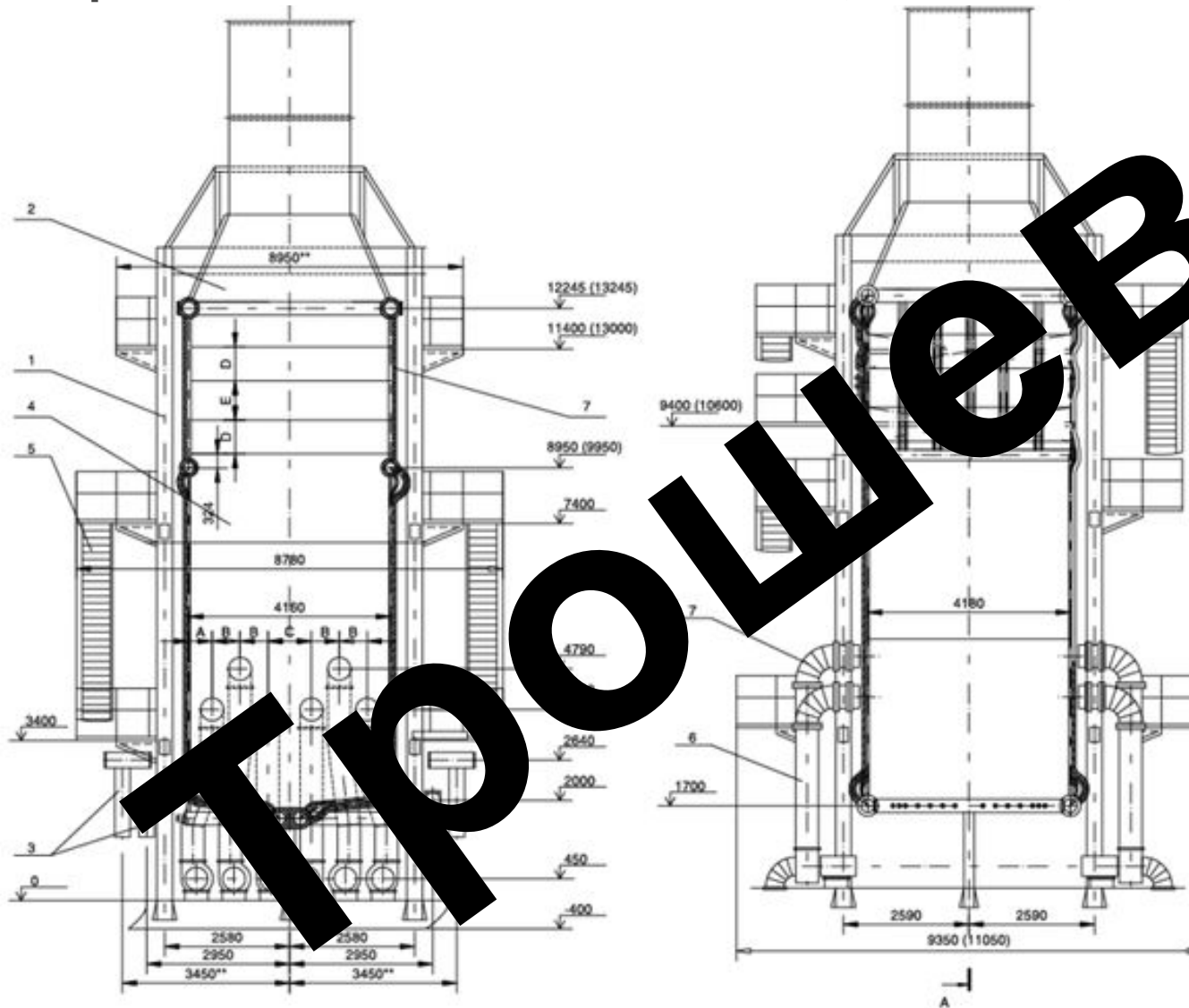
- Котлы КВ-ГМ обеспечивают подогрев воды до  $150^{\circ}\text{C}$  с разностью температур воды на входе и выходе  $80^{\circ}\text{C}$ , работают с постоянным расходом воды на всех нагрузках на расчетных топливах: мазуте марки «100» и природном газе с теплотворной способностью  $Q_{\text{H}}^{\text{p}} = 8260$  ккал/м<sup>3</sup>.
- Котлы теплопроизводительностью 11,63; 23,26 и 35 МВт являются прямоточными, имеют единый профиль в разрезе, различаются глубиной топки и конвективного газохода и состоят из двух транспортабельных блоков: горизонтальной топки и вертикального конвективного газохода. Топки котлов этого типа, независимо от теплопроизводительности, оборудованы одной, установленной фронтальной стене, газомазутной горелкой с ратационной горелкой типа РГМГ теплопроизводительностью соответственно 11,63; 23,26; и 35 МВт. Диапазон регулирования 20-100% от номинальной теплопроизводительности.
- Котлы унифицированы и изготавливаются из одних и тех же узлов и элементов.

## Технические характеристики котлов КВ-ГМ-11,63-150; КВ-ГМ-23,26-150; КВ-ГМ-35-150 (ПТВМ-30М).

Наименование параметров	КВ-ГМ-11,63-150	КВ-ГМ-23,26-150	КВ-ГМ-35-150(ПТВМ-30М)
Номинальная теплопроизводительность, МВт	11,63	23,26	35
Вид топлива	Природный газ		
Максимальная температура воды на выходе из котлоагрегата, °С	150	150	150
Температура воды на входе, °С, не менее	70	70	70
Максимальное рабочее давление, МПа (б.с.)	1,0	1,0	1,0
КПД котла, на %	92,5	92,3	91,8
Номинальный расход воды, м <sup>3</sup> /ч	123,5	247	370
Температура наружной поверхности котла, °С, не более	45	45	45
Габаритные размеры, мм:длина L ширина	93725000	124505000	161805000
Масса, кг, не более	48900	57600	66180



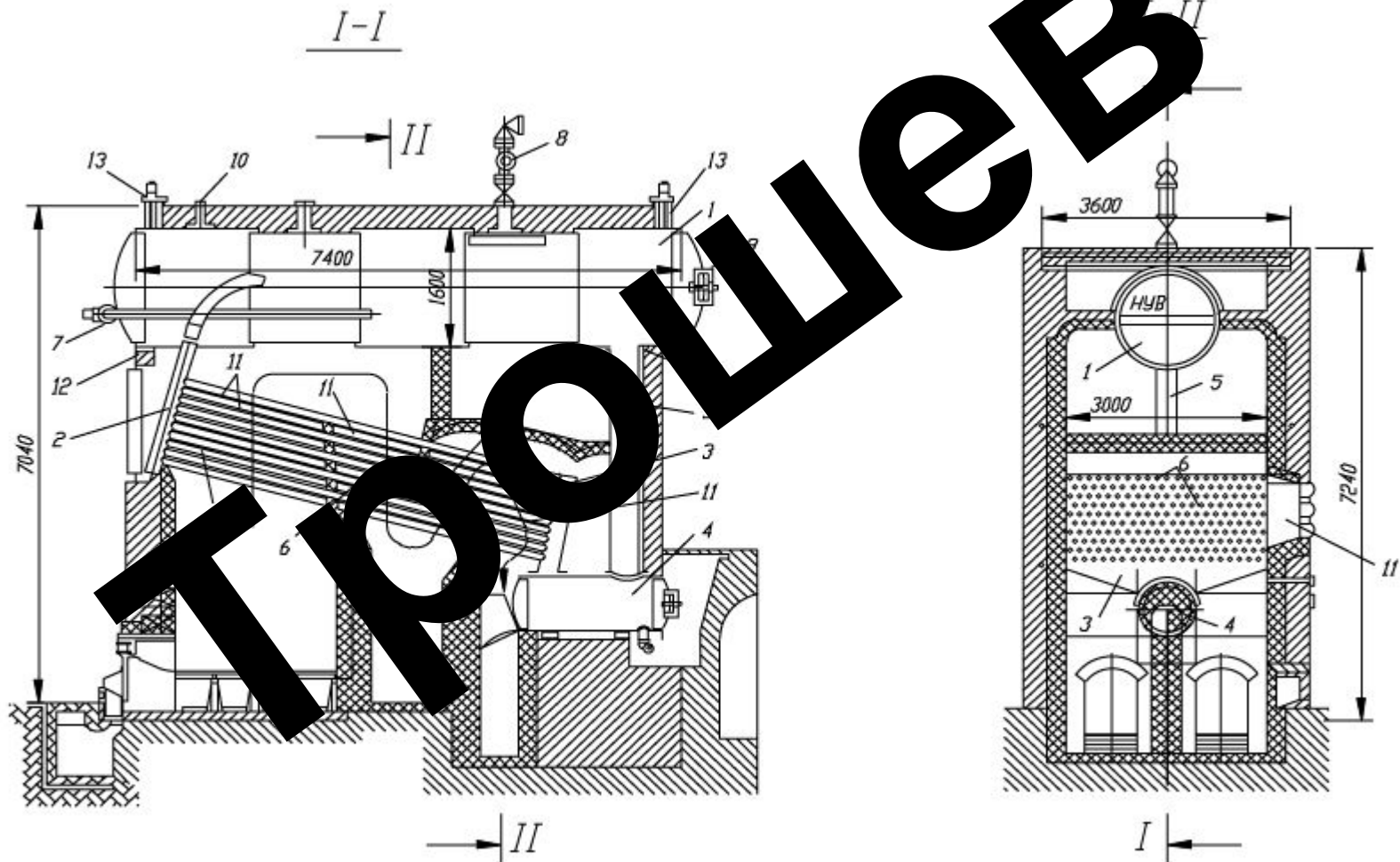
# Водогрейный котел КВ-ГМ-58,2-150 (ПТВМ-50)



- 1 – газовая горелка; 2 – боковые экраны; 3 – фронтальный экран; 4 – задний экран; 5 – конвективные горизонтальные поверхности.

- Конструкция котлов определяет полуоткрытую их установку – башенная компоновка. Эти котлы отличаются относительно невысоким гидравлическим сопротивлением водотрубной системы и низким аэродинамическим сопротивлением газового тракта. Последнее обстоятельство обеспечивает работу этих котлов на естественной тяге.
- Котлы унифицированы – изготавливаются из одних и тех же узлов и элементов. Для всех котлов, кроме КВ-ГМ-209 (50) (ТВМ-180) предусмотрена возможность их установки как со специальной дымовой трубой, непосредственно опирающейся на каркас, так и с отдельно стоящей железобетонной или кирпичной дымовой трубой. Трубные экраны для всех котлов изготавливают из труб D 60x3 мм с шагом 64 мм. Контактные поверхности выполнены из труб D 28x3 мм с шагом  $S_1 = 64$  мм,  $S_2 = 32,5$  мм. Вся трубная система подвешена к каркасу котла. Каркасы башенных котлов выполнены из профильного проката и рассчитаны на нагрузку от массы агрегата и от горизонтальной нагрузки дымовой трубы в районах с сейсмичностью до 9 баллов, а также на нагрузку от перекрытия здания (в среднем массой до 15 т. на каждую угловую колонну). Обмуровка крепится непосредственно на экранных трубах и состоит из трех слоев: жаростойкого бетона на глиноземистом цементе (насытится на трубы по металлической сетке); минераловатного слоя и слоя уплотнительной газонепроницаемой гидроизоляционной обмазки.

# Котлы горизонтально- водотрубные паровые



- Котел состоит из барабана 1, передней 2 и задней 3 камеры, присоединяемых непосредственно к барабану и грязевику 4, циркуляционной трубы 5 и наклонно расположенного (под углом  $15^\circ$  к горизонту) пучка прямых кипяtilьных труб 6. Питание котла осуществляется в барабан через штуцер 7. Пар отбирается через пароотводящий штуцер 8.
- Барабан котла очищают от накипи, промывая в него через люк 9. Снаружи трубы обдувают от золы, сажи и уноса струей пара. Пар отбирают через штуцер 10 и с помощью гибкого шланга подводят к обдувочным лючкам 11. Дымовые газы, перемещаясь в направлении, указанном стрелками, пересекают кипяtilьные трубы четыре раза, котел обмурован в четыре газохода. Двумя муфтами 12, которые опоясывают барабан спереди и сзади, котел подвешивают к балкам 13. Балки крепятся к четырем вертикальным колоннам.

- Общий существенный недостаток горизонтально-водотрубных паровых котлов – слабая циркуляция воды в верхних рядах кипятельных труб, объединенных одной секцией, это обуславливается разной их тепловой нагрузкой. При больших форсировках это приводит к опрокидыванию циркуляции или застою воды и, как следствие этого, к перегреву кипятельных труб.

# Котлы вертикально-водотрубные паровые

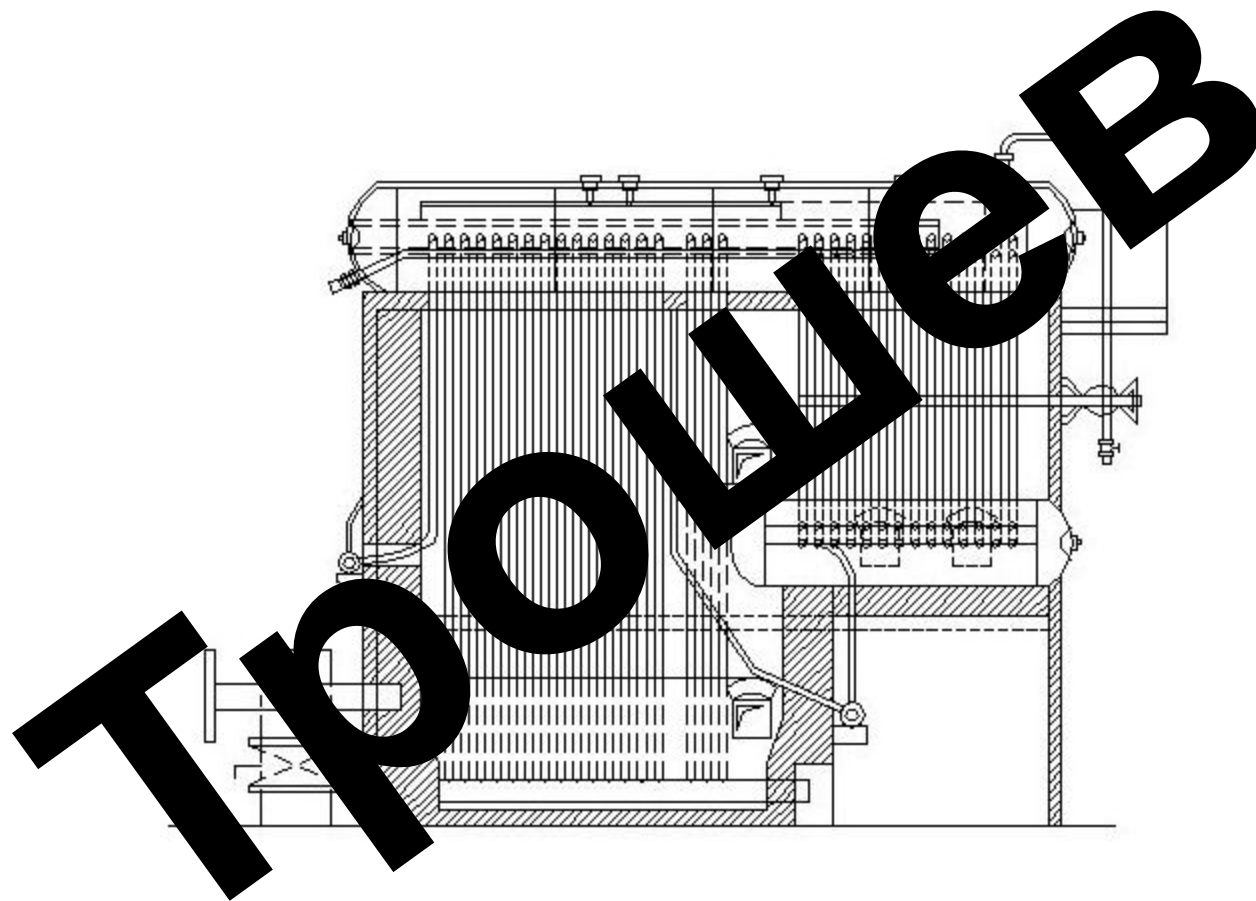
В основу конструирования вертикально-водотрубных паровых котлов были положены те же принципы, что и в основу конструирования вертикально-водотрубных водогрейных котлов, т.е.:

- вертикальное расположение труб небольшого диаметра (при таком расположении в трубах отложений значительно меньше, чем при горизонтальном, а теплота передача при использовании труб большего диаметра выше);
- водотрубное обтекание топочной камеры (снижает по сравнению с горизонтально-водотрубными котлами, удельную материалоемкость).

# Котлы вертикально-водотрубные паровые двухбарабанные

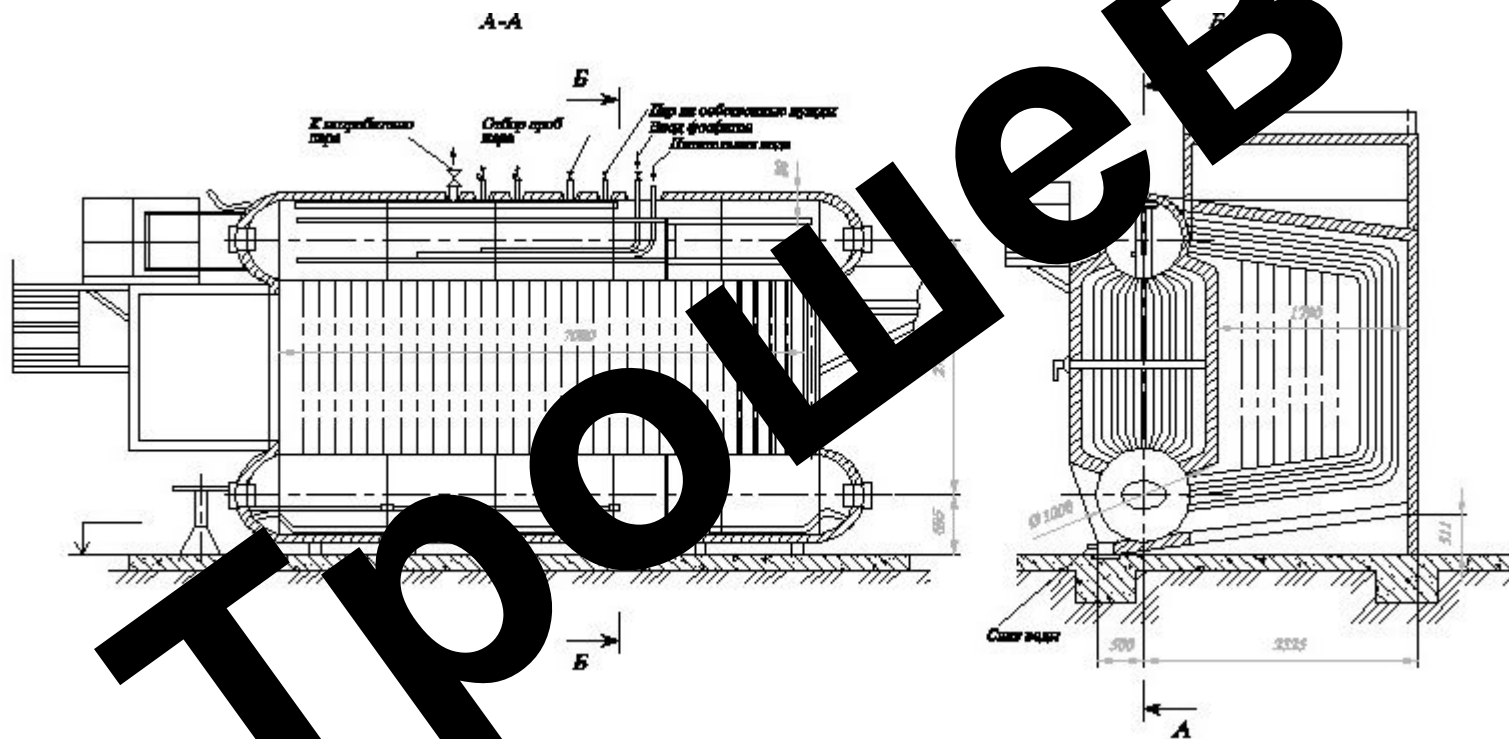
- Двухбарабанные котлы относятся преимущественно к отопительно-производственному классу. Двухбарабанные котлы в большей степени приспособлены для работы с использованием питательной воды невысокого качества. Нижний барабан в данном случае используется в т.ч. как отстойник шлама.
- Существует множество конструкций двухбарабанных котлов, но наибольшее распространение в различных отраслях промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве получили котлы марок: «ДКВР», «ДЕ»; «КЕ».

# Котел марки ДКВР



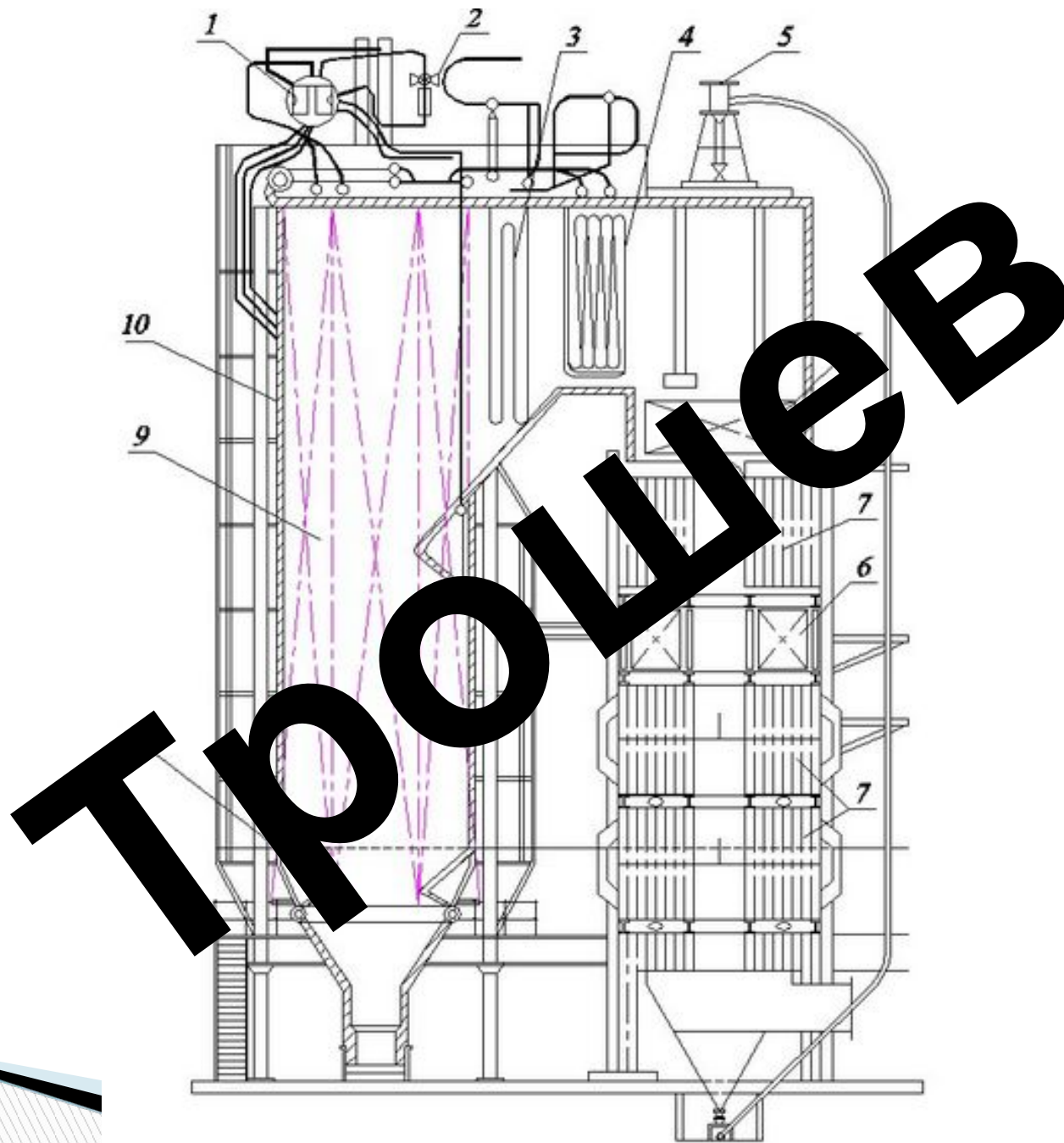


# Котел марки ДЕ



# Котлы вертикально-водотрубные паровые однобарабанные

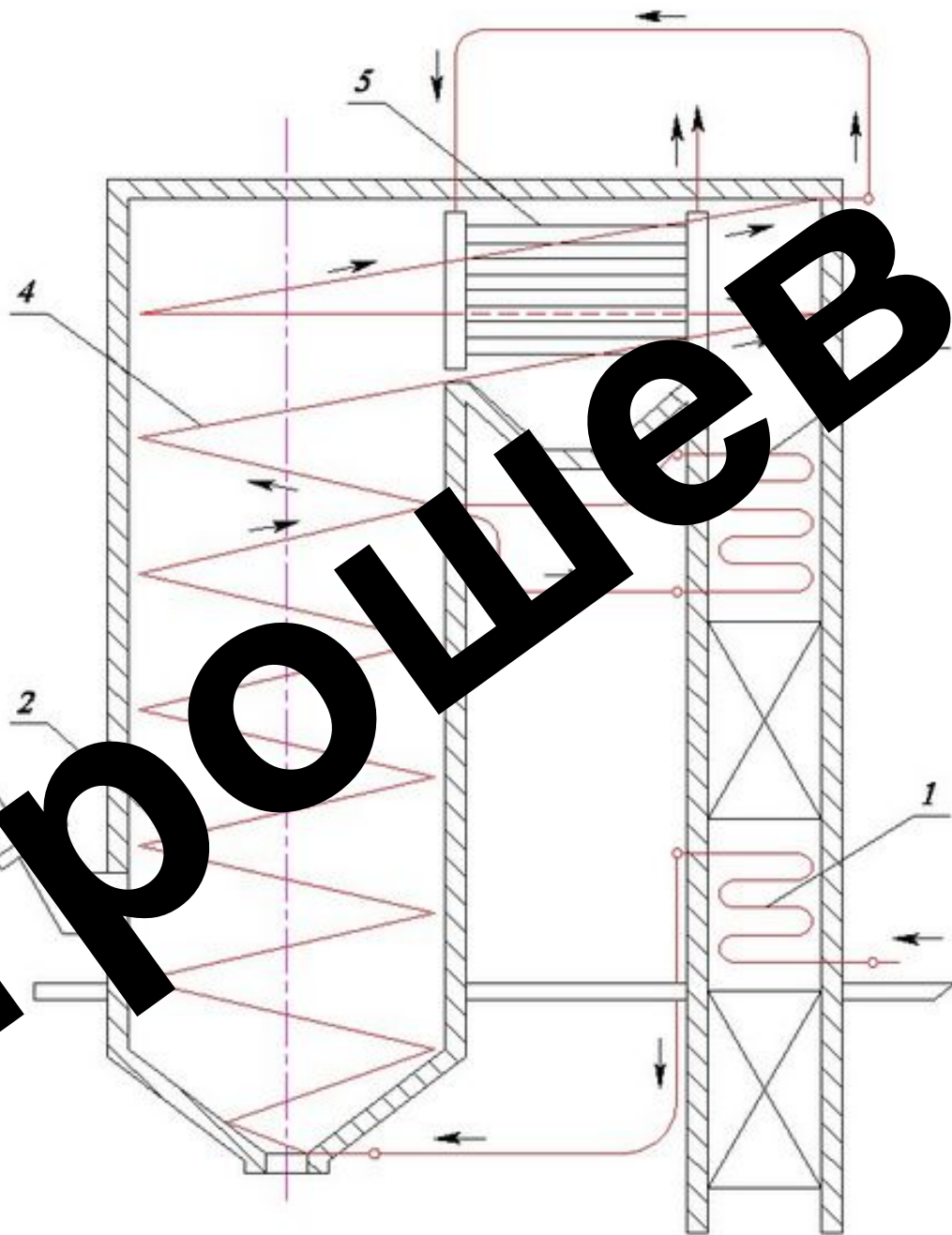
- Однобарабанные котлы относят преимущественно к энергетическому классу. Они предназначены для выработки насыщенного и перегретого водяного пара с максимальным давлением до 13.8 МПа.
- 1 – барабан; 2 – парозапорный орган; 3 – радиационный пароперегреватель; 4 – конвективный пароперегреватель; 5 – дробеочистка; 6 – водяной экономайзер; 7 – воздушный подогреватель; 8 – холодная воронка; 9 – экраны топки; 10 – обмуровка топочной камеры.



# Котлы вертикально-горизонтально-водотрубные паровые прямоточные

- ▣ Прямоточные котлы относят к энергетическому классу. Они предназначены для выработки перегретого пара с давлением до 25,5 МПа и температурой 545 °С (для паровых турбин).
- ▣ Отличительной особенностью этих котлов является отсутствие естественной или искусственной циркуляции пароводяного потока, как следствие, – отсутствие барабанов, в которых обычно происходит разделение рабочей среды на пар и воду.

**Трофеев**



- Прямоточный котел работает следующим образом. Питательная вода подается в змеевики экономайзера – 1, далее поступает в топочные экраны – 2, где нагревается до кипения и начинает испаряться. Из экранов пароводяная смесь поступает в змеевики «переходной» зоны – 3, где происходит полное испарение оставшейся части воды и частичный перегрев водяного пара.
- Из переходной зоны пар направляется в пароперегреватель, состоящий из двух частей: радиационной – 4 и конвективной – 5. Выделение «переходной» зоны и непосредственную поверхность нагрева и вынесение ее в область сравнительно низких температур газа сделано для того, чтобы избежать перегрева кипяtilьных труб при возможном отложении накипи в процессе испарения воды.