

А. С. МАКАРОВ, Л. Г. КОЗЛОВА, А. Ф. МЕНЯЙЛО, кандидаты техн. наук;
Н. Н. ЛИТВИНЕНКО, М. П. СЕНЧУК, А. А. ПРУССКИЙ, инженеры (НИИСТ, Киев)

Водогрейные котлы для передвижных котельных установок

В нашей стране широкое распространение получили водотрубные негазоплотные котлы с применением тяжелой обмуровки или облегченной мастичной теплоизоляции. Вместе с тем для применения в передвижных котельных установках конструкция котла должна быть, как правило, газоплотной. Применение тяжелой и даже мастичной облегченной обмуровки нежелательно в условиях транспортировки.

НИИСТом для передвижных котельных установок разработаны котлы теплопроизводительностью до 3,5 МВт нескольких типов (рис. 1), горелочные и топочные устройства для работы на газе, жидком топливе, каменных и бурых углях, мелком древесном топливе.

В конструкции котлов реализованы принципы, обеспечивающие высокие технико-экономические показатели: повышение теплового напряжения топочного объема, придание то-

почному пространству формы, наиболее соответствующей форме факела горящего топлива; интенсификация теплообмена в конвективной части за счет турбулизаторов или профильных поверхностей; принудительное движение дымовых газов, в том числе за счет наддува, создаваемого вентиляторами горелки; самообдувка поверхностей нагрева; оптимальное сочетание трубчатых и панельных поверхностей нагрева в зависимости от объема производства котлов; газоплотные ограждающие поверхности с легкой теплоизоляцией и декоративным кожухом, высокие скорости омывания водой наиболее напряженных поверхностей нагрева; удобный и легкий доступ для осмотра, чистки и ремонта.

Котел ВК-16 водотрубного типа для сжигания древесных отходов высокой влажности и зольности (рис. 2). На примере котла ВК-16 видны возможности водотрубных поверхностей нагрева для создания сложных конструкций. Достигнутая при этом компактность может компенсировать повышенную трудоемкость, характерную для водотрубных котлов.

Котел ВК-16 состоит из собственного котла со встроенным топочным устройством, основания с воздухоподогревателем и золовым бункером, топливного рукава, системы автоматизации. Котел устанавливается сверху на основание, образуя внутренние газо- и воздуховоды.

Топочное устройство для древесных отходов в котле ВК-16 (а. с. 1146516, 1368567) выполнено по типу топки скоростного горения системы ЦКТИ Померанцева, дополненной вихревой камерой дожигания 2. Беспровальная зажимающая решетка 3 состоит из горизонтальных труб с плоским участком, обращенным к слою топлива. Зажимающая решетка отделяет камеру сгорания от камеры дожигания, удерживает слой топлива в вертикальной плоскости и препятствует выносу из слоя мелких фракций топлива. Слой топлива опирается внизу на подовые трубы, служащие колосниковой решеткой.

На подовых трубах размещен водоохлаждаемый толкатель узла шлакозолоудаления 5, сталкивающий шлак в золовый бункер 6 основания котла.

В нижней части циклонной камеры дожигания расположен стабилизирующий уступ 7, служащий для создания зоны отрыва вращающегося газового потока и поджигания продуктов неполного горения, выходящих через щели зажимающей решетки. Вращение газового потока в вихревой камере дожигания достигается за счет струй третичного воздуха. Догоревшие дымовые газы камеры дожигания через выходное окно попадают в поворотную камеру 9, образованную стенками вихревой камеры дожигания и разделительной секцией конвективного пакета I ступени 10.

После конвективного пакета I ступени дымовые газы по внутренним газоходам поступают в одноходовой для газов и воздуха воздухоподогреватель 11, расположенный в основании котла. Трубы воздухоподогревателя имеют турбулизаторы газового потока в виде кольцевых пережимов.

Пройдя воздухоподогреватель дымовые газы поступают во II ступень конвективного пакета 12 и затем на выход из котла.

Ограждающие стенки топочной и поворотной камер выполнены в виде газоплотных панелей, что позволяет применить теплоизоляцию легкого типа из минераловатных плит и свести к минимуму обмуровочные работы при монтаже котла, а также использовать данный котел в передвижных котельных установках.

Жаротрубно-дымогарный котел ВК-21 (рис. 3). Котлы этого типа представляют собой цилиндрический корпус 1, в водяном объеме которого расположена жаровая труба (топочная камера) 2 и дымогарные трубы (конвективная часть)

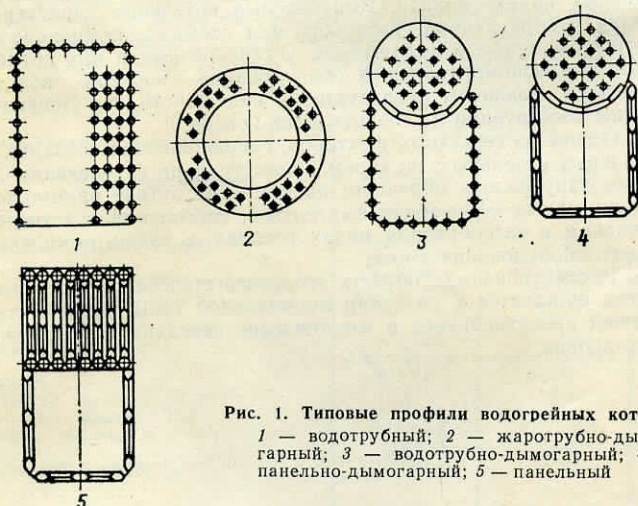


Рис. 1. Типовые профили водогрейных котлов
1 — водотрубный; 2 — жаротрубно-дымогарный; 3 — водотрубно-дымогарный; 4 — панельно-дымогарный; 5 — панельный

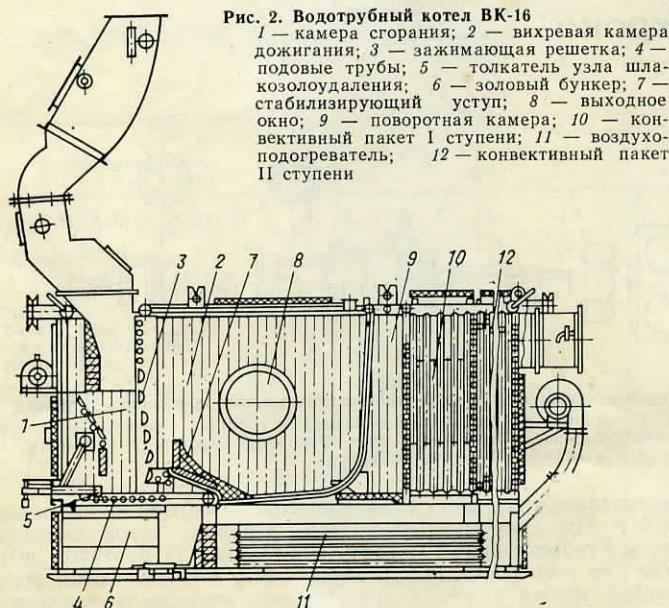


Рис. 2. Водотрубный котел ВК-16
1 — камера сгорания; 2 — вихревая камера дожигания; 3 — зажимающая решетка; 4 — подовые трубы; 5 — толкатель узла шлакозолоудаления; 6 — золовый бункер; 7 — стабилизирующий уступ; 8 — выходное окно; 9 — поворотная камера; 10 — конвективный пакет I ступени; 11 — воздухоподогреватель; 12 — конвективный пакет II ступени

3. Наличие простых корпусных деталей и прямых труб одинаковой длины обеспечивают простоту конструкции и низкую трудоемкость изготовления котла.

В индустриально развитых странах жаротрубно-дымогарный тип котла до мощности 5 МВт является доминирующим, в том числе и для работы на каменных углях.

Отличительной особенностью котла ВК-21 являются топочная камера с оборотным факелом, передняя водоохлаждаемая крышка 4, дымогарные трубы с кольцевыми турбулизаторами.

Топочная камера выполнена в виде жаровой трубы с плоским дном 5, которое соединено с задней трубной доской 6 анкерными связями 7, образуя эластичную систему, компенсирующую температурное удлинение жаровой трубы. Конвективный газодход образован 152 дымогарными трубами диаметром 42×3,5 мм. Для интенсификации теплообмена на газовой стороне применена турбулизация потока с помощью периодических кольцевых пережимов сечения дымогарных труб, полученных в результате накатки на их наружной поверхности кольцевых канавок.

Передняя водоохлаждаемая крышка собрана из двух стандартных эллиптических днищ и выполнена открывающейся для осмотра котла по газовой стороне и очистки от сажи. На крышке установлен взрывной предохранительный клапан (а. с. 615317).

Дымовые газы из топочной камеры направляются в поворотную камеру, образованную передней трубной доской 8 и передней крышкой, затем поступают в конвективный газодход и направляются в боров котельной.

Котел ВК-21 рассчитан на теплопроизводительность 1,86 МВт, а в модернизированном варианте его теплопроизводительность повышена до 2 МВт.

Простота конструкции, надежность и минимальные затраты в эксплуатации делают котел ВК-21 одинаково привлекательным как для изготовителей, так и потребителей этих котлов.

Наличие толстостенных массивных элементов (жаровой трубы, трубных досок), а также цилиндрическая форма корпуса создают определенные трудности в производстве жаротрубно-дымогарных котлов и использовании их в котельных, поэтому дальнейшее совершенствование конструкции было направлено на создание котла с выносной топочной камерой и сохранением преимуществ, обеспечиваемых дымогарной частью. Результатом работ было создание водотрубно-дымогарного котла.

Водотрубно-дымогарный котел ВК-32 (рис. 4) состоит из корпуса, опорной рамы, теплоизоляционных панелей. Корпус котла включает водоохлаждаемую камеру сгорания 1 призматической формы и расположенную над ней конвективную часть в виде дымогарного барабана 2 с трубами и турбулизаторами.

Корпус котла представляет собой сварную конструкцию, несущими элементами которой являются передняя и задняя водяные камеры прямоугольного сечения, к которым присо-

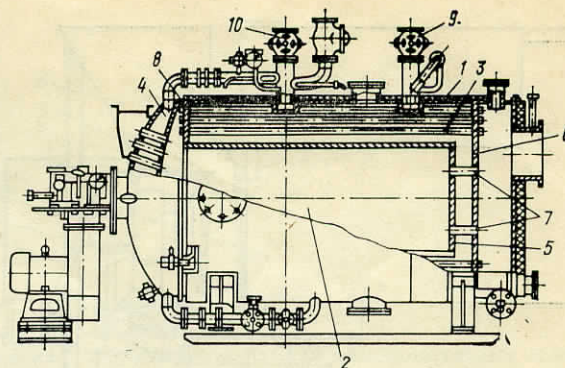


Рис. 3. Жаротрубно-дымогарный котел ВК-21

1 — корпус; 2 — топочная камера; 3 — конвективный газодход; 4 — передняя крышка; 5 — дно топочной камеры; 6 — задняя трубная доска; 7 — анкерные связи; 8 — передняя трубная доска; 9, 10 — вход и выход воды

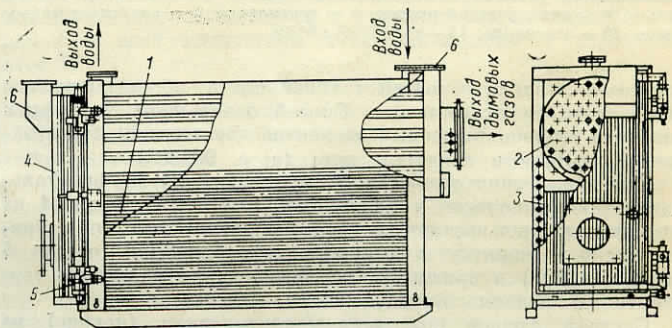


Рис. 4. Водотрубно-дымогарный котел ВК-32

1 — топочная камера; 2 — дымогарный барабан; 3 — трубная мембранная панель; 4 — водоохлаждаемая дверь; 5 — гидравлическая петля; 6 — взрывной клапан

единены элементы, образующие топочную камеру и конвективную часть.

Топочная камера с оборотным факелом полностью экранирована. Боковые, нижняя и задняя стенки топки изготовлены из цельносварных трубных мембранных панелей 3. Верхняя стенка топки образована поверхностью дымогарного барабана.

Особенностью конструкции является наличие щелевого канала с принудительным змеевиковым движением воды в нижней части обечайки дымогарного барабана для эффективного охлаждения обращенной в топку части обечайки, а также организация струйного (либо принудительного змеевиково-

Показатель	Котлы, работающие на													
	газе						жидком топливе				угле			древесных отходах
	ВК-21	ВК-31	ВК-3	ВК-4	ВК-32	ВК-32	ВК-21	ВК-31	ВК-31	ВК-3	ВК-3	ВК-31	ВК-31	
Теплопроизводительность, МВт	2	1,16	1,86	3,15	1,25	2,5	1,86	2,5	1,16	1,86	1,25	0,63	0,25	2
Коэффициент полезного действия, %, не менее	91	92	91	90	92	92	90 87*	90 87*	90 87*	92 87*	81,8 75**	81,5 75**	85 75**	77
Максимальная температура воды на выходе, °С	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	95	115
Максимальное давление воды, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Удельная материалоемкость, т/МВт	2,75	2,11	1,7	1,43	2,2	2	2,96	2,0	2	1,7	4,12	6	6	5
Удельное потребление электроэнергии, кВт·ч/МВт	2	1	2	2	1	2	4	4	3,5	4	4	5	3,5	7
Габариты, мм:														
длина	4200	3450	4700	4700	3750	4200	4300	4500	3400	4500	4900	4300	3400	5000
ширина	2000	1450	1500	1700	1150	1400	2300	1700	1100	1500	1750	1600	800	1800
высота	2600	1900	2200	2400	2050	2450	2600	2600	1900	2200	2600	2600	1900	2600

* На нефти. ** На бурых углях.

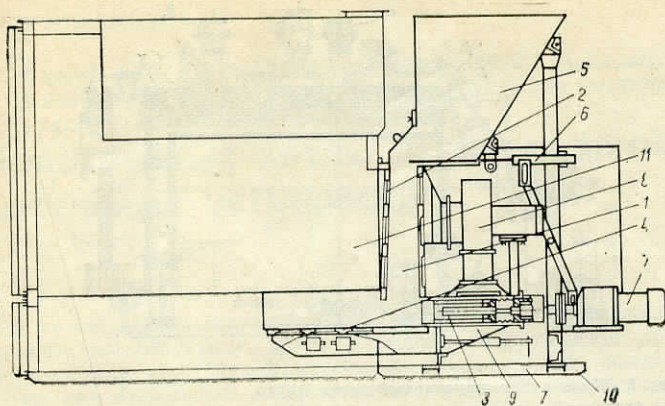


Рис. 5. Механическая шахтно-слоевая топка

1 — вертикальная шахта; 2 — зажимная решетка; 3 — толкатель; 4 — колосниковая решетка; 5 — топливный бункер; 6 — пластинчатый питатель; 7 — механический привод; 8 — вентилятор; 9 — система воздухопроводов; 10 — основание; 11 — топочный объем

го) течения вдоль передней трубной доски, обеспечивающего интенсивное ее охлаждение. Способ охлаждения указанных наиболее теплонепригодных элементов конструкции котла защищен авторским свидетельством (а. с. 989263).

Для повышения удобства обслуживания котла фронтальная стенка выполнена в виде водоохлаждаемой двери 4 из газоплотных цельносварных трубных панелей, которая присоединена к корпусу с помощью гидравлических петель 5 (а. с. 1118828) и прижимов, обеспечивающих надежную герметизацию разъема «корпус котла — дверь».

Система лючков позволяет удалить шлак (накипь) из водяного объема барабана и полости под передней трубной доской после чистки передней трубной доски и сажу при чистке дымогарных труб.

Котел устанавливается на опорной раме, имеющей вид салазок и выполненный из швеллеров. Декоративный кожух с легкой теплоизоляцией выполнен в виде съемных панелей.

Простота конструкции водотрубно-дымогарного котла позволяет его изготовлять на предприятиях, не располагающих сложным специализированным технологическим оборудованием. Вместе с тем конструкция предполагает некоторое увеличение трудозатрат при изготовлении по сравнению с жаротрубно-дымогарными котлами за счет большего объема сварочных работ при изготовлении трубных панелей.

Панельно-дымогарный вариант котла (рис. 1, 4) по трудозатратам приближается к жаротрубно-дымогарному при сохранении преимуществ водотрубно-дымогарного — компактности и пониженной металлоемкости. Панельно-дымогарный котел отличается от водотрубно-дымогарного тем, что трубные панели (боковых, нижней, задней стенок топки и двери) заменены штампосварными панелями, изготавливаемыми из стальных листов толщиной 3,2 мм, соединенных точечной контактной и дуговой сваркой.

При использовании для изготовления панелей специализированного штампочно-прессового и сварочного оборудования, что является целесообразным при массовом производстве котлов, наилучшие технико-экономические показатели (минимальные трудоемкость изготовления и масса) имеют панельные котлы **ВК-3, ВК-4** (см. таблицу).

Панельный котел представляет собой сварную конструкцию, несущими элементами которой являются передняя и задняя водяные камеры с присоединенными к ним продольными элементами (секциями), образующими топочную камеру и конвективный пакет. Все поверхности нагрева котла (штампосварные секции) изготовлены из штампованных панелей (толщина листа 3,2 мм), соединенных точечной и дуговой сваркой.

Топочная камера с оборотным факелом имеет призматическую форму и находится в нижней части корпуса котла. Над топкой расположен двухходовый по газам конвективный пакет, состоящий из параллельно установленных плоских секций. Секции имеют каналы для прохода теплоносителя и отформованные по краям продольные коллекторы. С целью интенсификации теплообмена и повышения экономичности коллекторы расположены горизонтально с плотным примыканием друг к другу (а. с. 1124669).

Вход дымовых газов из топочной камеры в конвективный пакет и выход газов из котла осуществляется через проемы, образованные установкой секций двух типов, отличающихся длиной.

Котлы оборудуются автоматизированными горелками для газа и жидкого топлива (ГГС-Б, ГГС-БР, АПНД), обеспечивающими пуск, остановку, регулирование теплопроизводительности и защиту при нарушении заданного режима.

Для работы на каменных и бурых углях котлы оборудуются технической топкой с шнуровой планкой, разработанной в НИИсантехники (Москва) или шахтно-слоевой топкой, разработанной в НИИСТе.

Механическая шахтно-слоевая топка (рис. 5) относится к классу топок с толкателем, которые за рубежом в последнее время получили достаточно широкое распространение в котлах небольшой мощности. В состав топочного устройства входят вертикальная шахта 1 с зажимной решеткой 2, толкатель 3, горизонтальная колосниковая решетка 4, топливный бункер 5, пластинчатый питатель 6, механический привод 7, вентилятор 8, система воздухопроводов 9, основание 10 и система автоматизации.

В отличие от известных топок разработанная конструкция включает вертикальную шахту и регулируемую подачу воздуха в нижнюю зону шахты через щелевые зазоры между плунжером толкателя и краями проема в задней стенке шахты. При этом в шахте топливо подготавливается и газифицируется, в топочном объеме 11 за зажимной решеткой шахты происходит воспламенение продуктов газификации, в нижней зоне шахты исходное топливо преобразуется в однородный кокс, в зоне эффективной механической шнуровки происходит дожигание коксового остатка. Благодаря сочетанию сжигания топлива в вертикальной шахте с гравитационным движением, дожигания очаговых остатков на колосниковой решетке и удаления шлака под действием толкателя, достигнута высокая универсальность топочного устройства по сжиганию углей с различными выходами летучих веществ, зольностью, влажностью и фракционным составом.

Топка защищена авторским свидетельством (а. с. 15290007) и прошла государственные испытания в составе стального механизированного котла КСВм-0,25 ВК-31.

Производство котлов ВК-21, горелок ГГС-Б, АПНД освоено на рижском заводе «Коммунальник», Вильнюсском заводе газового оборудования, ПО «Сибкомплемонтаж». ПО «Промэнергогаз»; котлов ВК-3, горелок ГГС-Б, АПНД на Братском заводе отопительного оборудования; котлов ВК-31, шахтно-слоевых топок на Борисоглебском котельно-механическом заводе; котлов ВК-3, ВК-31, ВК-32, ВК-16 на опытно-экспериментальном заводе НИИСТа. Котлы используются как в передвижных, так и в стационарных котельных установках.

Выводы

Современные конструкции котлов для передвижных котельных установок отличаются компактностью, низкой удельной массой, что достигается интенсификацией процессов сжигания топлива и теплопередачи, а также применением газоплотных ограждающих поверхностей. Дальнейшее развитие конструкций котлов — это переход от котлов водотрубных к жаротрубно-дымогарным и панельным с заменой трубчатых поверхностей на панельные поверхности нагрева из листа.