

СРАВНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОМАЗУТНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ ИКЗ

МОШКАРИН А.В., д-р техн. наук, ШЕЛЫГИН Б.Л., канд. техн. наук, ЗАЙЧИКОВ В.Н., инж.

Представлены полученные с помощью расчетного исследования результаты сравнения режимов работы исходных и модернизированных вариантов последних модификаций газомазутных котлов Ижевского котельного завода. Определены максимальные тепловые нагрузки котлов. Дана оценка эффективности использования тягодутьевых механизмов. Наиболее предпочтительное решение принято на основании показателей работы и металлоемкости агрегатов.

Ключевые слова: газомазутные котлы, нагрузка котлов, аэродинамическое сопротивление, теплопроизводительность.

THE COMPARISON OF GASEOUS MASOUT HOT-WATER BOILER TECHNICAL FEATURES

MOSHKARIN A.V., Ph.D., SHELYGIN B.L., Ph.D., ZAYCHIKOV V.N., eng.

The article concerns the design research results of standard and modernized modifications of Izhevsk boiler plant gaseous masout boilers operating mode comparison. It contains the maximum boiler heat load. It gives use efficiency of forced –draft mechanisms. The most preferable decisions are made according to appliances operation and steel intensity readings.

Key words: gaseous masout boilers, boiler load, aerodynamic resistance, heat productivity.

Ижевский котельный завод (ИКЗ) специализируется на выпуске водогрейных котлов, поверхности нагрева которых выполнены из секций экранных труб диаметром $\varnothing 159 \times 4,5$ мм [1]. В пределах каждой секции вода движется последовательно от трубы к трубе при спиралеобразном характере потока [2], исключая образование внутри поверхностей нагрева. С учетом накопленного опыта эксплуатации последними разработками ИКЗ являются котлы третьего поколения типа КВа-1,74 ГМ и КВа-2,03 ГМ.

В работающем под наддувом котле КВа-1,74 ГМ топочная камера выполнена в виде параллелепипеда, заключенного в параллелепипед, ограниченный трубами экранов [3]. Конвективное тепловосприятие осуществляется поверхностями кольцевого газохода, окружающего топку, и экранами, размещенными в вертикальном газоотводящем участке.

В многопоточном котле КВа-2,03 ГМ над топочной камерой расположены три экрана с продольно-поперечным омыванием труб продуктами сгорания [4]. Последними конвективными поверхностями нагрева являются экраны в газоходах с подъемно-опускным движением газов.

С использованием методики, изложенной в [5], определены условия работы вариантов котлов, предложенных изготовителем, и модернизированных вариантов, отличающихся от исходных компоновкой и величиной поверхностей нагрева. При расходах сетевой воды $50 \div 80$ т/ч и температурах наружного воздуха $10 \div -40$ °С значения температур воды на входе и выходе из котлов соответственно равны 70 и 95 °С. Максимальные значения теплопроизводительности котлов и расходов воды через них

ограничивались величиной допустимого теплового напряжения топочного объема 400 кВт/м^3 [6]. В [7, 8] определены возможности эффективной работы котла КВа-1,74 ГМ при расходе воды 70 т/ч и котла КВа-2,03 ГМ при расходе 80 т/ч. Температура уходящих газов составила $130 \div 170$ °С, а значения КПД котла (брутто) не превысили 87–89%. Сравнимые агрегаты отличаются расходными, экономическими показателями и значениями поверхностей нагрева (металлозатратами).

При использовании современных газовых горелок с организацией интенсивного предпламенного смесеобразования обеспечивается высокофорсированное сжигание топлива при тепловом напряжении топочного объема выше 450 кВт/м^3 без значительного повышения химического недожога ($q_3 < 0,1\%$). Это позволяет повысить максимальные значения расходов воды через котлы на 10 т/ч при увеличении их теплопроизводительности до 2,32 и 2,6 МВт.

Целью настоящего исследования является сравнение режимов работы рассматриваемых вариантов котлов ИКЗ для оценки выбора предпочтительных конструкций.

Задачами расчетного анализа являлись:

- определение максимальных тепловых нагрузок для котлов типа КВа-1,74 ГМ, КВа-2,03 ГМ и их модификаций;
- оценка эффективности использования тягодутьевых механизмов для возможного диапазона нагрузок рассматриваемых котлов.

В качестве топлива использовался природный газ с теплотой сгорания $31,0 \text{ МДж/м}^3$ [6]. Коэффициент избытка воздуха в топке был принят $\alpha_{\text{т}} = 1,1$, а температура наружного воздуха – $t_{\text{нар}} = 40$ °С, при которой расходы топли-

ва, воздуха и уходящих газов максимальны. В указанных условиях средняя температура воздуха за вентилятором равна 5 °С.

Данные для проведения сравнительного анализа режимов работы исходных и рекомендуемых к модернизации вариантов котлов типа КВа-1,74 ГМ и КВа-2,03 ГМ представлены в табл. 1 и 2.

При максимальной теплопроизводительности котлов модернизация их конструкции позволяет снизить температуру уходящих газов на 56÷130 °С при соответствующем повышении КПД (брутто) до 89÷90% и снижении расхода топлива на 3÷7%. В ходе анализа выполнены серии аэродинамических расчетов газовых трактов исследуемых вариантов котлов, результаты которых представлены в табл. 3 и 4.

Для исходного варианта котла КВа-1,74 ГМ в режиме номинального расхода воды 60 т/ч при минимальном количестве местных сопротивлений и низких скоростях газов в газоходах конвективных поверхностей нагрева перепад полных давлений по газовому тракту с учетом самотяги котла и дымовой трубы высотой 27 м $\Delta H_n = -125$ Па.

При $D = 80$ т/ч (теплопроизводительность котла $Q_k = 2,32$ МВт) аэродинамическое сопротивление газового тракта котла не превышает -50 Па. Таким образом, ввиду неразвитости конвективных поверхностей нагрева исходного варианта котла КВа-1,74 ГМ удаление продуктов сгорания может осуществляться за счет самотяги дымовой трубы без использования дымососа.

Таблица 1. Исходные данные для анализа режимов работы котла КВа – 1,74 ГМ

Наименование характеристик	Варианты котла							
	Исходный				Модернизированный			
Теплопроизводительность котла, Q_k , МВт	1,45	1,74	2,03	2,32	1,45	1,74	2,03	2,32
Расход воды через котел D , т/ч	50	60	70	80	50	60	70	80
Секундный расход воды через котел D_c , кг/с	13,89	16,67	19,44	22,21	13,89	16,67	19,44	22,21
Расход топлива B , (m^3/c)- 10^3	54,7	66,5	78,5	90,7	52,4	63,1	73,9	84,9
Температура уходящих газов, ϑ_{yx} , °С	220	252	279	299	125	139	154	169
КПД котла (брутто), η_k^{br} , %	85,66	84,53	83,53	82,5	90,18	89,91	89,61	89,28
Суммарная поверхность нагрева котла F_k , m^2	115,3				133,1			

Таблица 2. Исходные данные для анализа режимов работы котла КВа – 2,03 ГМ

Наименование характеристик	Варианты котла							
	Исходный				Модернизированный			
Теплопроизводительность котла, Q_k , МВт	1,74	2,03	2,32	2,6	1,74	2,03	2,32	2,6
Расход воды через котел D , т/ч	60	70	80	90	60	70	80	90
Секундный расход воды через котел D_c , кг/с	16,67	19,44	22,21	25,0	16,67	19,44	22,21	25,0
Расход топлива B , (m^3/c)- 10^3	64	75,1	85,8	97,1	61,9	72,4	82,7	93,9
Температура уходящих газов, ϑ_{yx} , °С	168	196	202	209	123	137	148	153
КПД котла (брутто), η_k^{br} , %	88,07	87,54	87,03	86,49	90,5	90,31	90,0	89,55
Суммарная поверхность нагрева котла F_k , m^2	95,2				105,6			

Таблица 3. Результаты аэродинамического расчета газового тракта котла КВа-1,74 ГМ

Наименование характеристик	Варианты котла							
	Исходный				Модернизированный			
Расход воды через котел D , т/ч	50	60	70	80	50	60	70	80
Расчётная производительность дымососа V_p , m^3/c	-	-	-	-	3280	4049	4916	5891
Перепад полных давлений по газовому тракту ΔH_n , Па	-146	-125	-98	-50	380	528	710	944
Полное расчётное давление, развиваемое дымососом, H_p , Па	-	-	-	-	456	634	854	1133
Коэффициент пересчёта давления газов на условия характеристики дымососа K_p	-	-	-	-	0,85	0,88	0,91	0,94
Давление дымососа, приведённое к его характеристике H_p^{np} , Па	-	-	-	-	387	556	776	1067
Типоразмер дымососа	-	-	-	-	ДН-6,3м	ДН-6,3м	ДН-6,3м	ДН-8 м
КПД дымососа, η_d , %	-	-	-	-	41	58	81	63
Угол открытия направляющего аппарата φ , град	-	-	-	-	70	60	30	68

Таблица 4. Результаты аэродинамического расчета газового тракта котла КВа-2,03 ГМ

Наименование характеристик	Варианты котла							
	Исходный				Модернизированный			
Расход воды через котел D , т/ч	60	70	80	90	60	70	80	90
Расчётная производительность дымососа V_p , m^3/c	4430	5531	6386	7357	3848	4674	5471	6279
Перепад полных давлений по газовому тракту ΔH_n , Па	267	363	468	588	353	474	635	770
Полное расчётное давление, развиваемое дымососом, H_p , Па	321	436	561	706	423	569	761	924
Коэффициент пересчёта давления газов на условия характеристики дымососа K_p	0,94	1,0	1,01	1,03	0,84	0,87	0,9	0,91
Давление дымососа, приведенное к его характеристике H_p^{np} , Па	301	436	568	725	355	497	685	839
Типоразмер дымососа	ДН-6,3м	ДН-6,3м	ДН-6,3м	ДН-8 м	ДН-6,3м	ДН-6,3м	ДН-6,3м	ДН-8 м
КПД дымососа, η_d , %	38	53	69	44	40	55	76	45
Угол открытия направляющего аппарата φ , град	63	49	26	71	69	56	29	73

При удельном объеме газов $10,83 \text{ м}^3/\text{кг}$ [6] с учетом коэффициента запаса $\beta_1 = 1,1$ [9] для всех переменных режимов расчетный расход уходящих газов определяется по формуле, $\text{м}^3/\text{ч}$,

$$V_p = 42,7 \cdot 10^3 B \left(\frac{273 + \vartheta_{yx}}{273} \right),$$

где B – расход топлива, $\text{м}^3/\text{с}$; ϑ_{yx} – температура уходящих газов, $^\circ\text{C}$.

В модернизированном варианте котла с изменением расхода воды с 50 до 80 т/ч повышается перепад полных давлений по газовому тракту (до дымовой трубы) с 380 до 944 Па. С учетом коэффициента запаса $\beta_2 = 1,2$ [9] полное расчетное давление, развиваемое дымососом, увеличивается с 456 до 1133 Па.

Для удаления газов из котла КВа-1,74 ГМ заводом рекомендован дымосос типа ДН-6,3м. С увеличением теплопроизводительности котла до 2,32 МВт температура уходящих газов возрастает с 125 до 169 $^\circ\text{C}$, коэффициент пересчета давления газов на условия характеристики дымососа равен $K_p = 0,85 \div 0,94$ (табл. 3). При этом давление дымососа, приведенное к его характеристике, возрастает с 387 до 1067 Па (табл. 3).

Согласно аэродинамической характеристике дымососа ДН-6,3м (рис. 1) для модернизированного варианта котла КВа-1,74 ГМ расход воды ограничен значением 70 т/ч (теплопроизводительность котла 2,03 МВт).

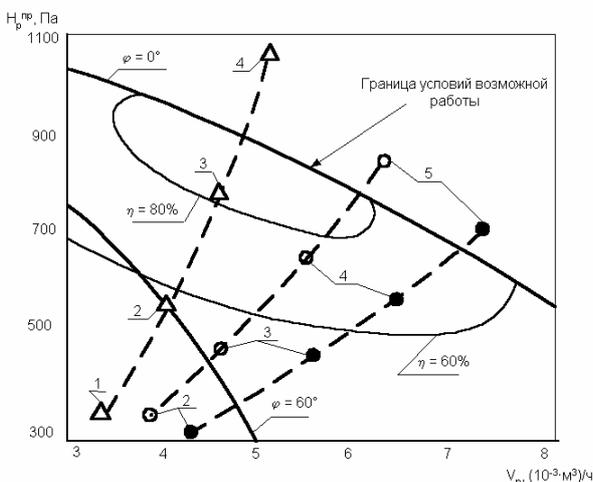


Рис. 1. Графические зависимости приведенного давления дымососа ДН-6,3м от значений расчетной производительности при различных расходах воды через котел: Δ – модернизированный вариант котла КВа-1,74 ГМ; \bullet \circ – исходный и модернизированный варианты котла КВа-2,03 ГМ; 1 – $D = 50$ т/ч; 2 – $D = 60$ т/ч; 3 – $D = 70$ т/ч; 4 – $D = 80$ т/ч; 5 – $D = 90$ т/ч

Для обеспечения повышения нагрузки котла до 2,03 МВт необходимо уменьшить угол открытия направляющего аппарата дымососа с 70° до 30° , соответственно повышая его КПД до значения 81% (рис. 2), что является хорошим показателем по условию эффективности использования тягодутьевых машин [9]. При

максимальном значении $Q_k = 2,32$ МВт (расход воды 80 т/ч) требуется установка дымососа типа ДН-8. При этом, когда $\varphi = 68$ град, КПД дымососа равен 63%.

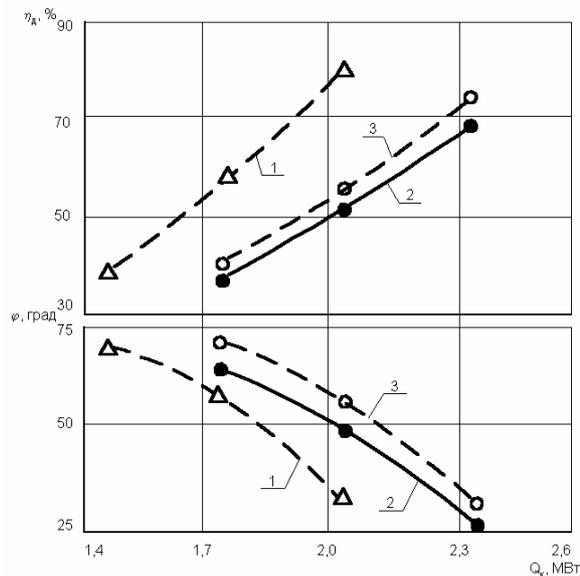


Рис. 2. Графические зависимости КПД дымососа ДН-6,3м и угла открытия направляющего аппарата от теплопроизводительности котлов: 1 – модернизированный вариант котла КВа-1,74 ГМ; 2,3 – исходный и модернизированный варианты котла КВа-2,03 ГМ

В исходном варианте котла КВа-2,03 ГМ удаление продуктов сгорания при нагрузках $1,74 \div 2,32$ МВт должно осуществляться с использованием дымососа типа ДН-6,3м, когда полное расчетное давление возрастает с 321 до 561 Па (табл. 4). Тогда при значениях коэффициента пересчета $K_p = 0,94 \div 1,03$ с увеличением расчетной производительности V_p с 4430 до 6386 $\text{м}^3/\text{ч}$ давление дымососа, приведенное к его характеристике, возрастает с 301 до 568 Па (рис. 1).

Для обеспечения таких условий работы угол открытия направляющего аппарата должен быть уменьшен с 63 до 26 град, что обеспечит повышение КПД дымососа с 38 до 69% (рис. 2). При $Q_k = 2,6$ МВт увеличиваются расход газов и аэродинамическое сопротивление котла до 706 Па (табл. 4), что требует установки дымососа типа ДН-8м.

Для модернизированного варианта котла КВа-2,03 ГМ и при повышенном сопротивлении газового тракта и расходах газов $3848 \div 5471 \text{ м}^3/\text{ч}$ приведенное значение давления дымососа H_p^np возрастает с 355 до 685 Па. При этом значение φ снижается с 69 до 29 град, а КПД дымососа повышается с 40 до 76%. Если $Q_k = 2,6$ МВт, то при расчетном значении производительности дымососа требуемая величина приведенного давления выходит за границы возможностей дымососа ДН-6,3м и необходима установка дымососа типа ДН-8м. Согласно расчетам модернизация конструкций исследуемых вариантов котлов способствует

повышению эффективности использования рекомендованного дымохода ДН-6,3м.

Аэродинамическое сопротивление воздушного тракта при отсутствии у котлов воздухоподогревателя и калорифера определяется преимущественно сопротивлением горелочно-устройства. Для котлов исследуемого типа при среднем коэффициенте сопротивления горелки $\xi_r = 2,75$, скорости воздуха в регистре горелки $W_b = 30$ м/с и температуре $t_b = 10$ °С (за счет нагрева в воздуховоде за вентилятором) напор воздуха перед горелкой равен 1540 Па [9].

По результатам испытаний котла КВа-0,63 ГМ с блочной газовой горелкой ГБГ-0,7 при теплопроизводительности $Q_k = 0,63$ МВт, проведенных на ИКЗ в 2002 г., давление воздуха перед горелкой составляло 1200 Па. При номинальной нагрузке горелки $Q_r = 0,7$ МВт максимальное значение напора воздуха соответствует 1480 Па, что является близким к расчетному значению. В проводимом исследовании давление воздуха перед горелками при номинальных нагрузках принято 1500 Па. В переменных режимах энергоустановок для всех горелок напор воздуха перед ними определяется по зависимости $H_b = 1500 (Q_k/Q_r)^2$.

Результаты расчетов воздушных трактов котлов представлены в табл. 5 и 6. Согласно [9] при теоретическом объеме воздуха $8,26$ м³/м³ [6], его температуре за вентилятором 5 °С и коэффициенте запаса $\beta_1 = 1,1$ расчетная производительность вентилятора для всех нагрузок равна, м³/ч,

$$V_p = 36,96 \cdot 10^3 \cdot B,$$

где B – расход природного газа, м³/с.

Котел КВа-1,74 ГМ оборудуется горелкой с номинальной тепловой мощностью 2,0 МВт. Напор воздуха перед горелкой может определяться согласно зависимости, Па,

$$H_b = 1500 \cdot \left(\frac{B}{B_r^{\text{НОМ}}} \right)^2 = 251,1 \cdot 10^3 \cdot B^2$$

где $B_r^{\text{НОМ}} = 0,0733$ м³/с – расход топлива при номинальной нагрузке горелки. При значениях теплопроизводительности 2,03 и 2,32 МВт требуется установка горелки мощностью $Q_r = 2,5$ МВт.

Работа котла КВа-2,03 ГМ возможна при установке горелки мощностью 2,5 МВт. Согласно инструкциям эксплуатации завода-изготовителя относительный рабочий диапазон котлов равен 40÷100%. Поэтому нагрузки котла 1,74÷2,5 МВт укладываются в установленные заводом пределы.

Давление воздуха перед горелкой рассчитывается по формуле, Па,

$$H_b = 173,8 \cdot 10^3 \cdot B^2.$$

Для исходного варианта котла КВа-1,74 ГМ с изменением его нагрузки с 1,45 до 1,74 МВт давление воздуха перед горелкой возрастает с 751 до 1110 Па. Для исследуемых режимов работы котла подходит вентилятор типа ВДН-6,3м. При температуре воздуха 5 °С коэффициент пересчета его давления на условия характеристики вентилятора $K_p = 0,925$.

С изменением нагрузки котла с 1,45 до 1,74 МВт значение приведенного давления воздуха возрастает до 1027 Па (рис. 3). Это достигается уменьшением угла открытия направляющего аппарата вентилятора с 84 до 78 град при соответствующем увеличении его КПД до 39÷59%.

Таблица 5. Результаты аэродинамического расчета воздушного тракта котла КВа-1,74 ГМ

Наименование характеристик	Варианты котла							
	Исходный				Модернизированный			
Расход воды через котел D, т/ч	50	60	70	80	50	60	70	80
Расчетная производительность вентилятора V_p , м ³ /ч	2040	2480	2928	3383	1955	2354	2756	3167
Номинальная тепловая мощность горелки Q_r , МВт	2,0	2,0	2,5	2,5	2,0	2,0	2,5	2,5
Давление воздуха перед горелкой, H_b , Па	751	1110	1071	1430	690	1000	949	1253
Коэффициент пересчета давления воздуха на условия характеристики вентилятора K_p	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925
Давление вентилятора, приведенное к его характеристике $H_p^{\text{пр}}$, Па	695	1027	991	1323	638	925	878	1159
КПД вентилятора ВДН – 6,3 м, η_b , %	39	59	62	76	36	51	53	67
Угол открытия направляющего аппарата ϕ , град	84	78	68	50	89	82	79	61

Таблица 6. Результаты аэродинамического расчета воздушного тракта котла КВа-2,03 ГМ

Наименование характеристик	Варианты котла							
	Исходный				Модернизированный			
Расход воды через котел D, т/ч	60	70	80	90	60	70	80	90
Расчетная производительность вентилятора V_p , м ³ /ч	2387	2801	3200	3621	2309	2700	3085	3501
Номинальная тепловая мощность горелки Q_r , МВт	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Давление воздуха перед горелкой, H_b , Па	711	980	1280	1639	666	911	1189	1533
Коэффициент пересчета давления воздуха на условия характеристики вентилятора K_p	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925	0,925
Давление вентилятора, приведенное к его характеристике $H_p^{\text{пр}}$, Па	658	907	1184	1516	616	843	1099	1417
КПД вентилятора ВДН – 6,3 м, η_b , %	41	54	71	82	38	51	66	81
Угол открытия направляющего аппарата ϕ , град	83	76	58	20	83	79	65	40

При работе котла КВа-1,74 ГМ в диапазоне нагрузок 2,03÷2,32 МВт с увеличением расчетной производительности вентилятора с 2928 до 3383 м³/ч (табл. 5) его приведенное давление повышается с 991 до 1323 Па (рис. 3). Для этого угол φ необходимо уменьшить с 68 до 50 град, что способствует более экономичным условиям работы вентилятора при повышении его КПД с 62 до 76% (рис. 4).

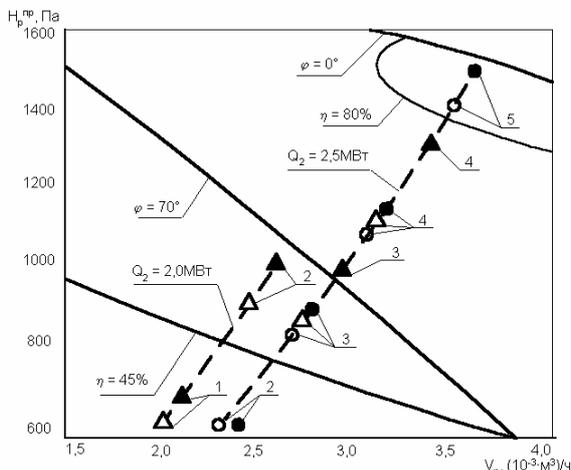


Рис. 3. Графические зависимости приведенного давления дымососа ДН-6,3м от значений расчетной производительности при различных расходах воды через котел: ▲ △ – исходный и модифицированный варианты котла КВа-1,74 ГМ; ● ○ – исходный и модифицированный варианты котла КВа-2,03 ГМ; 1 – D = 50 т/ч; 2 – D = 60 т/ч; 3 – D = 70 т/ч; 4 – D = 80 т/ч; 5 – D = 90 т/ч

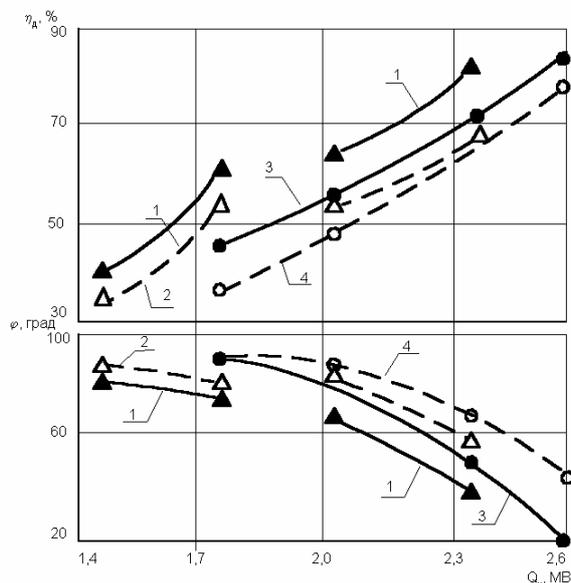


Рис. 4. Графические зависимости КПД вентилятора ВДН-6,3м и угла открытия направляющего аппарата от теплопроизводительности котлов: 1, 2 – исходный и модифицированный варианты котла КВа-1,74 ГМ; 3, 4 – исходный и модифицированный варианты котла КВа-2,03 ГМ

Для модернизированного варианта котла КВа-1,74 ГМ при увеличении теплопроизводительности с 1,45 до 1,74 МВт и производительности вентилятора с 1955 до 2354 м³/ч величина давления вентилятора, приведенного к его

характеристике, возрастает до 925 Па (рис. 3). Вентилятор будет работать в неэкономичных условиях, так как при уменьшении угла открытия направляющего аппарата с 89 до 82 град КПД возрастает лишь до 51% (табл. 5). Модифицированный вариант котла рационально применять при 2,03÷2,32 МВт, когда КПД вентилятора возрастает до 53÷67% (рис. 4).

В исходном варианте котла КВа-2,03 ГМ с увеличением нагрузки с 1,74 до 2,6 МВт давление воздуха перед горелкой возрастает с 711 до 1639 Па (табл. 6), а значение приведенного давления воздуха повышается до 1516 Па (рис. 3). В этом режиме КПД вентилятора достигает максимального значения 82% при угле открытия направляющего аппарата 20 град (рис. 4). В случае модернизации котла его работа более экономична. При увеличении производительности вентилятора с 2309 до 3501 м³/ч напор воздуха перед горелкой возрастает до 1533 Па, значение приведенного напора воздуха достигает 1417 Па, КПД вентилятора при этом составляет 81% (рис. 4).

Согласно инструкции эксплуатации котлов ИКЗ давление воды перед ними определяется уравнением, МПа,

$$p_k' = 0,5 (D_c/13,89)^2 = 2,59 \cdot 10^{-3} \cdot D_c^2,$$

где D_c – секундный расход воды через котел, кг/с.

При этом мощность, потребляемая сетевым насосом, равна, кВт,

$$N_n = \frac{p_k' D_c \cdot 10^3}{\eta_n \rho} = 1,46 \cdot p_k' D_c = 3,78 \cdot 10^{-3} \cdot D_c,$$

где D_c – расход воды, кг/с; $\eta_n = 0,7$ – КПД насоса; $\rho = 978 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды.

Значение мощности, потребляемой дымососом и вентилятором, определялось согласно рекомендации [9] при коэффициенте сжимаемости среды $\psi = 1$. Суммарная мощность, расходуемая на собственные нужды котла, равна, кВт,

$$N_{с.н.} = N_n + N_d + N_v.$$

С увеличением теплопроизводительности исходного варианта котла КВа-1,74 ГМ значение $N_{с.н.}$ достигает 43,14 кВт. При модернизации и нагрузках 2,03÷2,32 МВт эти значения увеличиваются лишь на 4,7÷9,6%. Применительно к исходному варианту котла типа КВа-2,03 ГМ при аналогичных нагрузках значения $N_{с.н.}$ составляют 44,39÷64,24 кВт. В случае модернизации эти значения практически не меняются за счет одинаковых условий эксплуатации тягодутьевых машин.

Отпускаемая потребителю тепловая мощность котла при известном значении КПД потребления электроэнергии 39%, кВт,

$$Q_{отп} = Q_k - N_{с.н.}/0,39,$$

где Q_k , $N_{с.н}$ – значения нагрузки котла и расхода энергии на собственные нужды, кВт.

Значения КПД котла (нетто) рассчитываются по формуле (рис. 5), %

$$\eta_k^{HT} = \frac{Q_{отп}}{B \cdot Q_p^p} \cdot 100 = 3,21 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{отп} / B,$$

где $Q_{отп}$ – отпускаемая тепловая мощность, МВт; B – расход природного газа, м³/с.

Для котла КВа-1,74 ГМ с увеличением теплопроизводительности до 2,32 МВт КПД (нетто) повышается до 78,19%. В случае модернизации значения η_k^{HT} могут возрасти на 3,9÷4,8%, особенно при повышенных нагрузках (2,03÷2,32 МВт).

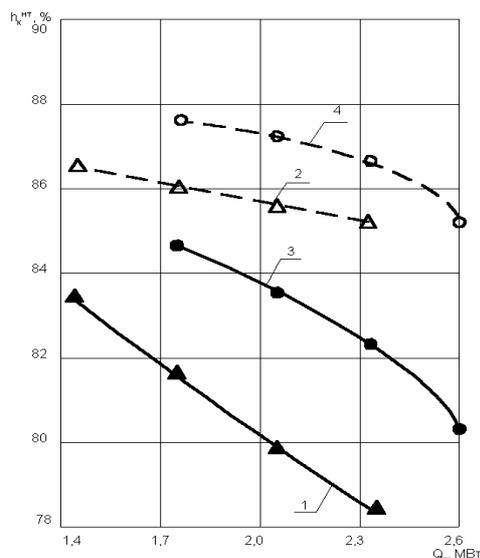


Рис. 5. Графические зависимости КПД котлов (нетто) от теплопроизводительности: 1, 2 – исходный и модифицированный варианты котла КВа-1,74 ГМ; 3, 4 – исходный и модифицированный варианты котла КВа-2,03 ГМ

По сравнению с котлом КВа-1,74 ГМ котел КВа-2,03 ГМ обеспечивает более высокие значения КПД установок. Для исходного варианта при теплопроизводительностях 1,74÷2,32 МВт КПД котла снижается с 84,8 до 82,54%. При его модернизации значения η_k^{HT} возрастают на 2,8÷3,1%. Для тепловой нагрузки 2,6 МВт значение η_k^{HT} снижается из-за повышения мощности на собственные нужды $N_{с.н}$.

Удельный расход условного топлива с учетом собственных нужд котла рассчитывается по формуле, кг у.т./ГДж,

$$b_y = 1060 \cdot B / Q_{отп},$$

где $Q_{отп}$ – тепловая мощность котла, отпускаемая потребителю, МВт.

Применительно к котлу КВа-1,74 ГМ с увеличением теплопроизводительности до 2,32 МВт изменение удельного расхода топлива может определяться по зависимостям, представленным на рис. 6.

С увеличением теплопроизводительности до 2,32 МВт удельный расход топлива по-

вышается до 43,5 кг у.т./ГДж. При модернизации котла значения b_y понижаются на 2,6÷6,3%, особенно при повышенных нагрузках (2,03÷2,32 МВт).

Для котла КВа-2,03 ГМ при теплопроизводительностях 1,74÷2,32 МВт удельный расход топлива изменяется с 40,1 до 41,2 кг у.т./ГДж. При модернизации котла значение b_y понижается на 3,1÷3,4%. Дополнительный прирост b_y при $Q_k = 2,6$ МВт обусловлен увеличением расхода энергии на собственные нужды.

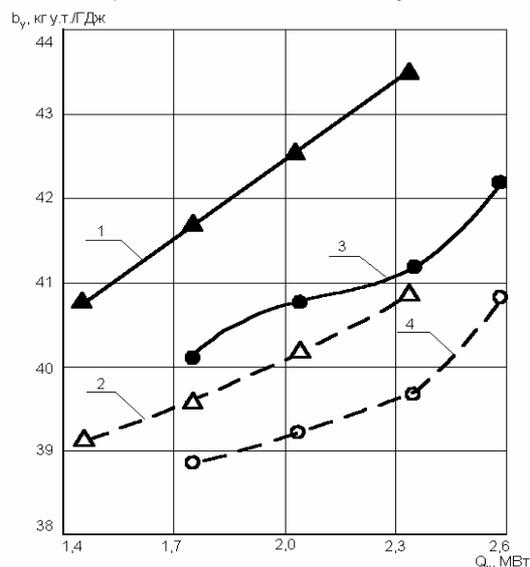


Рис. 6. Графические зависимости удельного расхода условного топлива от теплопроизводительности котлов: 1, 2 – исходный и модифицированный варианты котла КВа-1,74 ГМ; 3, 4 – исходный и модифицированный варианты котла КВа-2,03 ГМ

Увеличение теплопроизводительности котла КВа-1,74 ГМ с 1,74 до 2,32 МВт позволяет снизить удельную поверхность нагрева с 68,19 до 52,2 м²/МВт. Для котла КВа-2,03 ГМ с увеличением теплопроизводительности с 2,03 до 2,6 МВт значения удельной поверхности снижаются с 48,75 до 39,1 м²/МВт.

Заключение

В ходе сравнительного анализа показателей работы двух последних модификаций газомазутных котлов ИКЗ с номинальной теплопроизводительностью 1,74 и 2,03 МВт были установлены условия использования рекомендованных дымососа типа ДН-6,3м и вентилятора типа ВДН-6,3м как для исходных, так и для модифицированных вариантов котлов. Использование дымососа ДН-6,3м для котла КВа-1,74 ГМ при $Q_k = 2,03$ МВт в случае модернизации позволяет повысить КПД дымососа до 81%. При данной теплопроизводительности КПД вентилятора повышается лишь до 53÷62%.

Для котла КВа-2,03 ГМ его предельная нагрузка достигает 2,32 МВт. В данном случае при переходе от исходного к модернизированному варианту КПД дымососа возрастает от

69 до 76%, а КПД вентилятора находится в пределах 66÷71%.

Для обоих типов котлов и их вариантов было установлено изменение энергозатрат на собственные нужды. При этом в случае предельной нагрузки $Q_k = 2,32$ МВт КПД (нетто) модернизированного варианта котла КВа-2,03 ГМ равен $\eta_k^{HT} = 85,63\%$, что на 3,1% выше по сравнению с исходным. Для котла КВа-1,74 ГМ даже в случае его модернизации КПД (нетто) не превышает 83,1%.

При тепловой нагрузке 2,32 МВт и переходе от исходного варианта котла КВа-2,03 ГМ к модифицированному удельная поверхность нагрева $F_k/Q_{отп}$ возрастает с 43,16 до 47,88 м²/МВт, но это на 9,0÷20,3 м²/МВт ниже значений, полученных для котла КВа-1,74 ГМ.

Проведенный расчетный анализ показал, что из котлов ИКЗ третьего поколения наиболее предпочтительным следует признать модернизированный вариант многопоточного котла типа КВа-2,03 ГМ и его эксплуатацию с тепловыми нагрузками 2,03÷2,32 МВт.

Мошкарин Андрей Васильевич,

ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой тепловых электрических станций,
телефон (4932) 41-60-56,
e-mail: admin@tes.ispu.ru

Шельгин Борис Леонидович,

ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, профессор кафедры тепловых электрических станций,
телефон (4932) 41-60-56,
e-mail: admin@tes.ispu.ru

Зайчиков Виктор Николаевич,

ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
инженер кафедры тепловых электрических станций,
телефон (4932) 41-60-56,
e-mail: admin@tes.ispu.ru

Список литературы

- 1. Мошкарин А.В., Шельгин Б.Л., Зайчиков В.Н.** Анализ режимов работы водогрейных котлов Ижевского котельного завода // Энергосбережение и водоподготовка. – № 5. – 2004. – С. 33–37.
- 2. Патент РФ** на изобретение № 2228805. Бюлл. № 14, 2004 г. Способ очистки внутренней поверхности трубных полостей.
- 3. Патент РФ** на полезную модель № 43627. Приоритет от 13.08.04 г. Водогрейный котел.
- 4. Патент РФ** на полезную модель № 43344. Приоритет от 27.09.04 г. Водогрейный котел.
- 5. Мошкарин А.В., Шельгин Б.Л., Зайчиков В.Н.** Разработка универсальной модели расчета водогрейных котлов Ижевского котельного завода / Повышение эффективности теплоэнергетического оборудования: Тр. ИГЭУ. Вып. 7. – М.: Энергоатомиздат, 2004. – С. 3–10.
- 6. Тепловой** расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / Под ред. Н.В. Кузнецова, В.В. Митора, И.Е. Дубовского, Э.С. Карасиной. – М.: Энергия, 1973.
- 7. Мошкарин А.В., Шельгин Б.Л., Зайчиков В.Н.** Модернизация водогрейного котла ИКЗ марки КВа-1,74 ГМ для сжигания природного газа / Повышение эффективности теплоэнергетического оборудования: Мат-лы IV Рос. науч.-практ. конф. – Иваново, 2005. – С. 98–100.
- 8. Мошкарин А.В., Шельгин Б.Л., Зайчиков В.Н.** Повышение экономичности модификаций газомазутных водогрейных котлов ИКЗ третьего поколения / Повышение эффективности теплоэнергетического оборудования: Мат-лы IV Рос. науч.-практ. конф. – Иваново, 2005. – С. 94–97.
- 9. Аэродинамический** расчет котельных установок (нормативный метод) / Под ред. С.И. Мочана. – Л.: Энергия, 1977.