

ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЫ НА ОТРАБОТАННОМ МАСЛЕ

(опубликовано с сокращениями)

Дата опубликования: февраль, 2009г.

Как известно, сертификация оборудования представляет собой выполнение системы процедур, направленных для подтверждения параметров оборудования на предмет их соответствия государственным и/или международным стандартам, и подразумевает единство методов измерений, расчётов, испытаний и пр., которые в свою очередь должны соответствовать федеральным законам, отраслевым нормативам и не противоречить международным актам.

Для сравнения отдельных показателей теплогенераторов отжига отработанных масел, выбираем наиболее известные на российском рынке брэнды:

Россия – «Лакк», «Тайфун», «Теплон», «Termail», КЧМ и КШ (КВШ);

США – Clean Burn, Eliminator, EnergyLogic, Lanair, Master, Omni;

Германия – Kroll (Giersch); *Голландия* – Thermobile; *Италия-США* – R&K;

а также, мало известные у нас марки Firelake Horizon и Reznor Venturion (*США*).

Для оценки эффективности теплогенераторов будут использованы простейшие формулы сравнения их паспортных показателей, обеспечивающие единство расчётов. В расчётах использованы паспортные данные производителей, или их представителей, по состоянию на 01.01.2009г. Исходными данными являются: тепловая производительность (номинальная тепловая мощность) оборудования, чему должен соответствовать максимальный расход топлива (расход топлива по паспорту). Последовательность фирм приведена в алфавитном порядке по группам.

В виду особенностей представления данных по расходам топлива теплогенераторами (литр/час или кг/час), в расчёте приняты следующие величины низшей теплоты сгорания масел при нормальных условиях: 34000 кДж/литр или 42000 кДж/кг, что соответствует плотности массы 0,81 кг/литр топлива. Отклонение калорийности конечно может быть существенным, если речь идёт об отработанных маслах, имеющих сложный состав и консистенцию, отличную от базовых масел.

Расчёт содержит определение следующих величин:

- 1) Расчётная мощность (РМ), кВт, - это произведение расхода топлива на калорийность, поделённые на час (1 час = 3600 сек.).
- 2) Отношение номинальной мощности (НМ) к расчётной мощности (РМ) позволяет найти отклонение значений, в долях или в %, т.е. соответствие или несоответствие, указанных в паспортах расходов топлива номинальной тепловой мощности. В подавляющем большинстве случаев, что является превышением НМ над РМ.
- 3) Полезная мощность (ПМ), кВт, - это часть тепловой производительности теплогенератора, которая снимается внутренним теплообменником аппарата и отводится на полезные нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения – отпуск теплоты, если есть, то и на собственные нужды. При наличии данных о КПД котла, величина ПМ приравнена произведению РМ на КПД; при отсутствии данных о КПД – величина ПМ приравнена произведению РМ на 0,8 (условный коэффициент эффективности теплообмена, и/или теплопередачи – см. разложение формул).
Условный коэффициент эффективности теплообмена, и/или теплопередачи, приравненный 0,8, принят исходя из представлений о свойствах оборудования сжигания жидких топлив представленного класса, при сравнении с процессами отжига газового топлива. Фактические коэффициенты (КПД, КИМ, $K_{\text{пит}}$ и пр.), как правило, быстро снижаются, поэтому и 0,8 – принят довольно высоким значением для сравнения. В качестве примера, приводится результат 250-часового эксперимента (США), который отражает снижение коэффициентов одновременно с ростом температуры отходящих дымовых газов, рис. 1, почти 5-летней давности, – эта особенность печей отжига жидких топлив науке известна уже лет 200, не менее!
- 4) Доля использования полезной мощности от номинальной отражает степень эффективности использования установленной тепловой мощности оборудования, к номинальной мощности, в %.

Из повествования, приведённого ниже, будет явно почему введены описанные определения, а не принятые в международной практике теплотехники сравнения коэффициентов полезного действия (КПД), использования мощности (КИМ), полезного использования топлива ($K_{\text{пит}}$, КИТ), удельных расходов и пр.

Представленные ниже в таблицах расчёты свидетельствуют о том, что в подавляющем большинстве случаев паспортные данные оборудования не могут соответствовать действительности: либо завышены показатели тепловой мощности (теплопроизводительности), либо занижены «максимальные» расходы топлива. Чаще эти нарушения наблюдаются в паспортах иностранных брендов, отечественные производители имеют меньшие отступления и их данные более правдоподобны – параметры теплогенераторов отечественных производителей подвергаются не менее жёсткому контролю, прежде чем их сертифицируют.

Таблица 1 – Воздухонагреватели автоматические, иностранного производства								
№ п.	Марка, модель	Номинальная мощность, кВт	Расход топлива, л/ч	Расчётная мощность, кВт	Отношение НМ/РМ	Превышение, %	ПМ от РТ по КПД	Доля ПМ от НМ
		НМ	РТ	РМ			ПМ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Clean Burn								
01.	CB-1500	45	4,14	39,10	1,151	15,1%	31,28	69,5%
02.	CB-2500	73	6,4	60,44	1,208	20,8%	48,36	66,2%
03.	CB-3500	102	9,5	89,72	1,137	13,7%	71,78	70,4%
04.	CB-5000	146	13,6	128,44	1,137	13,7%	102,76	70,4%
EnergyLogic								
05.	EL-140H	41,6	3,75	35,42	1,175	17,5%	28,33	68,1%
06.	EL-200H	58,3	5,3	50,06	1,165	16,5%	40,04	68,7%
07.	EL-340H	99,6	8,5	80,28	1,241	24,1%	64,22	64,5%
Kroll								
08.	25S	28	2,36	22,29	1,256	25,6%	17,83	63,7%
09.	40S	40	3,4	32,11	1,246	24,6%	25,69	64,2%
10.	55S	55	4,64	43,82	1,255	25,5%	35,06	63,7%
11.	70S	70	5,9	55,72	1,256	25,6%	44,58	63,7%
12.	95S	92	7,8	73,67	1,249	24,9%	58,93	64,1%
13.	110S	108	9,1	85,94	1,257	25,7%	68,76	63,7%
14.	140S	129	10,8	102,00	1,265	26,5%	81,60	63,3%
15.	170S	163	13,7	129,39	1,260	26,0%	103,51	63,5%
16.	195S	194	16,3	153,94	1,260	26,0%	123,16	63,5%
17.	SKE-40F	46,8	3,95	37,31	1,255	25,5%	29,84	63,8%
18.	SKE-60F	71,1	6	56,67	1,255	25,5%	45,33	63,8%
19.	SKE-80F	93	7,84	74,04	1,256	25,6%	59,24	63,7%
20.	SKE-100F	104,6	8,82	83,30	1,256	25,6%	66,64	63,7%
21.	SKE-170F	190	16	151,11	1,257	25,7%	120,89	63,6%
Lanair								
22.	HI-100	29	2,84	26,82	1,081	8,1%	21,46	74,0%
23.	HI-140	41	3,78	35,70	1,148	14,8%	28,56	69,7%
24.	HI-180	52	4,73	44,67	1,164	16,4%	35,74	68,7%
25.	HI-260	76	6,93	65,45	1,161	16,1%	52,36	68,9%
26.	HI-320	94	8,4	79,33	1,185	18,5%	63,47	67,5%
Omni								
27.	OWH-150	44	3,8	35,89	1,226	22,6%	28,71	65,3%
28.	OWH-250	73	6,6	62,33	1,171	17,1%	49,87	68,3%
29.	OWH-350	102	9,1	85,94	1,187	18,7%	68,76	67,4%
30.	OWH-500	146	12,9	121,83	1,198	19,8%	97,47	66,8%
ИТОГ:					1,217	21,7%	65,8%	

Таблица 2 – Воздухонагреватели автоматические, отечественные (горелки иностранные)								
№ п.	Марка, модель	Номинальная мощность, кВт	Расход топлива, л/ч	Расчётная мощность, кВт	Отношение НМ/РМ	Превышение, %	ПМ от РТ по КПД	Доля ПМ от НМ
		НМ	РТ	РМ			ПМ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Теплон								
31.	H80/1							
	нижний	26	2,5	23,61	1,101	10,1%	18,89	72,6%
	верхний	40	3,9	36,83	1,086	8,6%	29,47	73,7%
32.	H80/2							
	нижний	37	3,6	34,00	1,088	8,8%	27,20	73,5%
	верхний	54	5,2	49,11	1,100	10,0%	39,29	72,8%
33.	H95/3							
	нижний	56	5,4	51,00	1,098	9,8%	40,80	72,9%
	верхний	81	7,8	73,67	1,100	10,0%	58,93	72,8%
34.	H95/4							
	нижний	81	7,8	73,67	1,100	10,0%	58,93	72,8%
	верхний	100	9,6	90,67	1,103	10,3%	72,53	72,5%
35.	H95/5							
	нижний	93	8,9	84,06	1,106	10,6%	67,24	72,3%
	верхний	147	14,1	133,17	1,104	10,4%	106,53	72,5%
36.	H95/6							
	нижний	99	9,5	89,72	1,103	10,3%	71,78	72,5%
	верхний	187	18	170,00	1,100	10,0%	136,00	72,7%
ИТОГ:					1,101	10,1%		72,7%

Таблица 3 – Печи и нагреватели, неавтоматические, иностранного производства								
№ п.	Марка, модель	Номинальная мощность, кВт	Расход топлива, л/ч	Расчётная мощность, кВт	Отношение НМ/РМ	Превышение, %	ПМ от РТ по КПД	Доля ПМ от НМ
		НМ	РТ	РМ			ПМ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
37.	Eliminator	35	3	28,33	1,235	23,5%	22,67	64,8%
38.	Kroll W-401L,V	35	2,8	26,44	1,324	32,4%	21,16	60,4%
ИТОГ:					1,278	27,8%		62,6%
Master								
39.	WA29A							
	нижний	19	2	18,89	1,006	0,6%	15,11	79,5%
	верхний	29	3	28,33	1,024	2,4%	22,67	78,2%
40.	WA41A							
	нижний	24	2,5	23,61	1,016	1,6%	18,89	78,7%
	верхний	41	4,3	40,61	1,010	1,0%	32,49	79,2%
41.	WA59A							
	нижний	36	3,8	35,89	1,003	0,3%	28,71	79,8%
	верхний	59	6,2	58,56	1,008	0,8%	46,84	79,4%
Thermobile								
42.	AT-306, 307							
	нижний	20	2	18,89	1,059	5,9%	15,11	75,6%
	верхний	29	3	28,33	1,024	2,4%	22,67	78,2%
43.	AT-400							
	нижний	24	2,5	23,61	1,016	1,6%	18,89	78,7%
	верхний	41	4,3	40,61	1,010	1,0%	32,49	79,2%
44.	AT-500							
	нижний	36	3,8	35,89	1,003	0,3%	28,71	79,8%
	верхний	59	6,2	58,56	1,008	0,8%	46,84	79,4%
ИТОГ:					1,013	1,3%		79,0%

Таблица 4 – Печи и нагреватели, неавтоматические, отечественные								
№ п.	Марка, модель	Номинальная мощность, кВт	Расход топлива, л/ч	Расчётная мощность, кВт	Отношение НМ/РМ	Превышение, %	ПМ от РТ по КПД	Доля ПМ от НМ
		НМ	РТ	РМ			ПМ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
45.	Termail ТГИ-015	15	1,6	15,11	0,993	-0,7%	12,09	80,6%
46.	Лакк Жар-25	40	4,5	42,50	0,941	-5,9%	34,00	85,0%
47.	Тайфун ТГМ-300	30	3	28,33	1,059	5,9%	22,67	75,6%
48.	Теплон Т-603	35	3,5	33,06	1,059	5,9%	26,44	75,6%
ИТОГ:					1,008	0,8%		79,3%

Таблица 5 – Горелки жидкотопливные, применимые для сжигания отработанных масел								
№ п.	Марка, модель	Номинальная мощность, кВт	Расход топлива, л/ч	Расчётная мощность, кВт	Отношение НМ/РМ	Превышение, %	ПМ от РТ по КПД	Доля ПМ от НМ
		НМ	РТ	РМ			ПМ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
49.	EnergyLogic Н-140	41,6	3,75	35,42	1,175	17,5%	28,33	68,1%
50.	В-200	58,3	5,3	50,06	1,165	16,5%	40,04	68,7%
51.	Н-340	99,6	8,5	80,28	1,241	24,1%	64,22	64,5%
52.	В-375	110	9,45	89,25	1,232	23,2%	71,40	64,9%
53.	В-500	146,6	13,6	128,44	1,141	14,1%	102,76	70,1%
54.	В-500i	220	20,2	190,78	1,153	15,3%	152,62	69,4%
55.	Kroll KG/UB-20							
	Нижний	25	2,1	19,83	1,261	26,1%	15,87	63,5%
	Верхний	33	2,8	26,44	1,248	24,8%	21,16	64,1%
56.	KG/UB-55							
	Нижний	43	3,6	34,00	1,265	26,5%	27,20	63,3%
	Верхний	64	5,4	51,00	1,255	25,5%	40,80	63,8%
57.	KG/UB-70							
	Нижний	60	5	47,22	1,271	27,1%	37,78	63,0%
	Верхний	99	8,3	78,39	1,263	26,3%	62,71	63,3%
58.	KG/UB-100							
	Нижний	71	6	56,67	1,253	25,3%	45,33	63,8%
	Верхний	120	10,1	95,39	1,258	25,8%	76,31	63,6%
59.	KG/UB-150							
	Нижний	84	7,1	67,06	1,253	25,3%	53,64	63,9%
	Верхний	150	12,1	114,28	1,313	31,3%	91,42	60,9%
60.	KG/UB-200							
	Нижний	130	11	103,89	1,251	25,1%	83,11	63,9%
	Верхний	201	16,8	158,67	1,267	26,7%	126,93	63,2%
61.	Omni OWBC							
	Нижний	26	2,3	21,72	1,197	19,7%	17,38	66,8%
	Верхний	146	12,5	118,06	1,237	23,7%	94,44	64,7%
ИТОГ:					1,231	23,1%		65,0%

Таблица 6 – Котлы водогрейные, иностранного производства

№ п.	Марка, модель	Номинальная мощность, кВт	Расход топлива, л/ч	Расчётная мощность, кВт	Отношение НМ/РМ	Превышение, %	ПМ от РТ по КПД	Доля ПМ от НМ
		НМ	РТ	РМ			ПМ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Clean Burn								
62.	CB-200	58,6	5,3	50,06	1,171	17,1%	40,04	68,3%
63.	CB-350	102	9,5	89,72	1,137	13,7%	71,78	70,4%
EnergyLogic								
64.	EL-140B	41	3,75	35,42	1,158	15,8%	28,33	69,1%
65.	EL-200B	58,3	5,3	50,06	1,165	16,5%	40,04	68,7%
66.	EL-375B	109	10,45	98,69	1,104	10,4%	78,96	72,4%
67.	EL-500B	146,6	13,6	128,44	1,141	14,1%	102,76	70,1%
R&K								
68.	R&K-33-36	41	3,75	35,42	1,158	15,8%	28,33	69,1%
69.	RTQ-100	100	8,5	80,28	1,246	24,6%	64,22	64,2%
70.	RTQ-110	110	9,45	89,25	1,232	23,2%	71,40	64,9%
71.	RTQ-130	146	13,6	128,44	1,137	13,7%	102,76	70,4%
72.	RTQ-200	220	20,2	190,78	1,153	15,3%	152,62	69,4%
R&K (двухтопочные)								
73.	R&K-33-2/45	116	10,6	100,11	1,159	15,9%	80,09	69,0%
74.	R&K-33-2/80	198	17	160,56	1,233	23,3%	128,44	64,9%
75.	RTQ-2/100	200	17	160,56	1,246	24,6%	128,44	64,2%
76.	RTQ-2/110	220	18,9	178,50	1,232	23,2%	142,80	64,9%
77.	RTQ-2/130	293	27,2	256,89	1,141	14,1%	205,51	70,1%
R&K (узкие, низкотемпературные*)								
78.	38-36-BTS	41	3,75	35,42	1,158	15,8%	28,33	69,1%
79.	38-80-BTS	100	8,5	80,28	1,246	24,6%	64,22	64,2%
80.	35-90-SAT	100	8,5	80,28	1,246	24,6%	64,22	64,2%
81.	35-90-SAT-BTS	100	8,5	80,28	1,246	24,6%	64,22	64,2%
ИТОГ:					1,185	18,5%		67,5%

* - относительно какой границы принято определение "низкотемпературных" котлов?

Таблица 7 – Котлы водогрейные, отечественного производства (и один В/Н)

Наименование параметра	Модель котла КЧМ						
Номинальная мощность (НМ), кВт	27,0	38,5	50,9	62,9	75,0	87,0	99,5
Заявленный КПД, %	87,5	88,0	88,8	89,2	89,5	89,6	90,2
Расход топлива (РТ), кг/ч	2,7	3,8	4,9	6,0	7,2	8,3	9,0
Мощность горелки (МГ), кВт, не менее	30,8	43,8	57,3	70,5	83,8	97,1	110,3
Расчетная мощность (РМ), кВт	31,50	44,33	57,17	70,00	84,00	96,83	105,00
Полезная мощность от РТ по КПД, кВт	27,56	39,01	50,76	62,44	75,18	86,76	94,71
Отношение НМ/РМ	0,857	0,868	0,890	0,899	0,893	0,898	0,948
Отношение располагаемой МГ к НМ	1,141	1,138	1,126	1,121	1,117	1,116	1,109
Наименование параметра	Модель котла КШ (КВШ)						В/Н
Номинальная мощность (НМ), кВт	50	100	150	200	300	400	30
нижний (НМн)	30	60	120	180	270	350	15
верхний (НМв)	70	120	150	210	340	420	29
Заявленный КПД, не менее, %	90,0						90,0
Расход топлива (РТ), кг/ч	4,3	8,6	12,6	16,5	25,5	35,0	3,5
Расчетная мощность (РМ), кВт	50,2	100,3	147,0	192,5	297,5	408,3	40,8
Полезная мощность от РТ по КПД, кВт	45,2	90,3	132,3	173,3	267,8	367,5	36,8
Отношение НМ/РМ	0,997	0,997	1,020	1,039	1,008	0,980	0,735
Мощность горелки (МГ) Giersch, кВт	50	100	150	200	300	400	н/д
Пределы настройки горелки Giersch, кВт							н/д
нижний	30	70	140	180	230	380	
верхний	60	120	180	220	370	420	

Сокращения: В/Н – воздушонагреватель; н/д – нет данных.

Возникает масса естественных вопросов:

1. Каким образом была выполнена сертификация оборудования большинства брендов? Либо, после сертификации данные паспортов были изменены («завод в одностороннем порядке вправе вносить изменения в техническую документацию»)? Либо, афишированные данные содержат не полную информацию?
 2. Кем были выданы заключения технической экспертизы, прежде всего на стационарные и передвижные установки (не путать с переносными)?
 3. Какими методиками были выполнены сертификационные испытания?
 4. Имеются ли отчёты режимно-наладочных и сертификационных испытаний (технические заключения квалифицированной экспертизы), и где они хранятся?
 5. На каких топливах, с какой калорийностью, с какой степенью износа масла и с каким составом включений были выполнены испытания каждой модели, и в какой комплектности? В каких условиях производились испытания, если они были?
 6. Какие рекомендации выработаны по результатам испытаний?
 7. Каков фактический состав продуктов сгорания на разных топливах?
 8. Какие фактические температуры имеют отходящие дымовые газы?
 9. Какие фактические температуры имеют поверхности оборудования и воздухопроводы?
 10. Какая фактическая теплопроизводительность каждой модели?
 11. Какой фактический максимальный расход топлива каждой модели?
 12. Какие фактические КПД, $K_{пит}$, КИМ и пр. характеристики имеет каждая модель?
 13. Какие режимные характеристики имеет каждая модель, включая горелку?
 14. Какое соотношение смеси с воздухом должно поддерживаться в каждой модели?
 15. Какие основные параметры настройки должны соблюдаться автоматикой и горелочными устройствами?
 16. В каких единицах измерения представлены данные паспортов и как выполнены переводы соответствия физических величин?
- ... и т.д.

Заметим, что исправление паспортных данных — это ещё не повод для признания оборудования высоко или менее эффективным, даже в своём классе

теплогенераторов. Тем не менее, уважаемые брэнды должны показать свой продукт лицом – не забывайте, в России есть закон о защите прав потребителей. Если ответы на поставленные вопросы скрыты от потребителя – предъявите документацию; если их нет – начните с испытаний для подтверждения своих технико-экономических показателей, а далее по этапам на повторную сертификацию.

Какие экономические последствия безалаберного подбора теплогенераторов на отработанном масле при отсутствии верных данных о них следует ожидать:

- Если фактический максимальный расход топлива соответствует паспортным данным, а номинал мощности завышен – это значит, что потребитель переплатил за «нарисованные» киловатты мощности, т.е. удельная цена (соотношение стоимости оборудования к установленной мощности) занижена. Так формируется конкурсная (тендерная) цена поставки оборудования, с учётом комплектации. Далее цена оборудования влечёт за собой расчёт затрат на содержание и эксплуатацию, расходы которых перекладываются на себестоимость продукции предприятия или в тариф отпуска тепла. Например, тепловая мощность, способная дать 200 кВт полезных, будет уже учтена как 250 кВт по номиналу.

В тоже время, надо заметить, что с теплогенераторов этого класса можно снять тепловую мощность не только по номиналу, но и выше его: например, если сжигать облагороженные топлива с повышенной калорийностью (есть и другие способы – справится ли само оборудование?), но тогда это уже не отработанные масла, а прилично дорогие топлива. А вот если проектировщик заложит в схему теплогенератор по номиналу – то просчёт может быть серьёзным.

- Если фактическая номинальная мощность соответствует паспортным данным и близка к полезной, а расход топлива занижен – это значит, что потребитель получает оборудование, которое потребляет топливо в объёме, превышающем запланированный, расходы на его закупку, складирование и пр. возрастут, эксплуатационные издержки увеличатся, при этом оборудование будет иметь более низкие показатели эффективности, нежели указанные в настоящих паспортах.

Тем не менее, сжигание отработанных масел является вынужденной мерой. Технологии сжигания отработанных масел представляют собой перспективное

направление развития техники. Без ошибок технический прогресс не развивается, и никто не будет сейчас вносить запрет на эксплуатацию установленного и работоспособного оборудования – его надо внедрять, но внедрять надо с умом. В тоже время, надо отдавать себе отчёт и в том, что «отработкой» чаще называют недоиспользованный ресурс масел, изношенный на 25-30%. Но это уже другая экономика – экономика, которая измеряется не % и долями, а порядками и нулями... Поэтому, целесообразно убедиться в том, что «отработанное» масло уже выработало свой ресурс, и для него нет иного варианта использования, как сжигание.

Аналог метода можно переложить и на другие виды продукции, но этот материал приведён для оценки топливно-энергетической эффективности теплогенераторов отжига отработанных масел, не затрагивая экологическую сторону, обезвреживание, качество топлива, лицензирование и пр.

Таким образом, с технической документацией, паспортами и инструкциями, с проектами применения теплогенераторов (практически, это котлоагрегаты), должны работать опытные технические специалисты и экономисты, руководствуясь результатами технических и сертификационных испытаний, выполненных аккредитованными лабораториями, а не менеджерами продаж и закупок. Отчёты испытаний должны содержать меры, повышающие эффективность применения теплогенераторов и использования топлива, снижающие риски и многое ещё...

Ввиду изложенного, потребителям представленного класса теплогенераторов на отработанном масле, можно временно рекомендовать:

А) при закупке оборудования руководствоваться технико-экономическим обоснованием и удельной ценой, приведённой от среднеарифметической величины параметров тепловой мощности основного оборудования (теплогенератор, включая горелочное устройство), т.е. от $Cp.TM = (NM + PM) / 2$;

Б) при внесении данного оборудования в формы учёта располагаемой мощности для производства начислений, применять величину тепловой мощности, приравненную $Cp.TM$ или обоснованную результатами режимно-наладочных (пусковых, сертификационных) испытаний.