EUROBOILERS

GARIONI NAVAL

INDUSTRIAL AND MARINE HEATING SYSTEMS

техническая
брошюра

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ТЕПЛА

1

пар...

Данная брошюра, изданная Garioni Naval, была подготовлена, чтобы помочь техническим специалистам, а также заказчикам, применяющим пар, перегретую воду и термическое масло, лучше понять технологию работы данного оборудования.

Мы ни в коей мере не хотим учить вас. Мы составили данную брошюру для тех, кто хочет улучшить свои знания в этой области, кто хочет найти интересную и нужную информацию, основанную на нашем опыте.

Мы искренне надеемся на то, что вся информация, данная в наших брошюрах, будет полезна в работе каждому читателю и по возможности поможет избежать ошибок, которые по невнимательности или по незнанию совершались ранее.

Это издание посвящается всем тем, кто внес свой вклад в создание и становление GARIONI NAVAL и кто сейчас работает над его развитием.

Если вы хотите получать все следующие издания (всего будет 10 выпусков), пожалуйста, направьте заявку по адресу:

info@texcon.ru

Пар, являясь традиционным, но в то же время современным и высокопроизводительным теплоносителем, практически незаменим в таких областях, как химическая и целлюлозно-бумажная промышленность, фармацевтика, все виды пищевой промышленности, производство резинотехнических изделий и пластмасс.

Также в жилищно-хозяйственном секторе пар обязателен для проведения стерилизации в больницах и поликлиниках, с ним предпочитают работать в столовых и прачечных, а так же на производствах кондиционирования воздуха (в промышленном секторе, где пар всегда используется для отопления).

Широко и незаменимо применение пара для генерирования энергии при помощи турбин, насосов и других альтернативных установок на отопительных объектах большой мощности, а также на кораблях в судостроение. Везде, где нужно произвести, накачать и утилизировать тепловую энергию и давление, пар - идеальное решение.

Какие преимущества и причины для использования пара? Самое главное, что пар производится крайне просто из воды, которой, по крайней мере, даже исходя из сегодняшней и будущей глобальной потребности в паре, к счастью, много в достаточных количествах и на выгодных условиях. При этом мы не принимаем во внимание тот факт, что на паровых установках применяется система рециркуляции, при которой возврат конденсата может достигать ста процентов.

Высоко ощутимо теплосодержание пара, это значит, что трубопроводы и оборудование заказчика обладают небольшой нагрузкой, что в свою очередь означает подвижность оборудования с его высоким коэффициентом обмена, компактностью и экономичностью.

Пар имеет естественную циркуляцию без каких-либо ускорителей, значение температуры может быть очень высоким при низком давлении, а это относительная безопасность и простота в использовании.

Регулирование температуры или давления может производиться с помощью двухходовых клапанов; кроме того, преимущества пара в том, что он крайне “гибок”, т.е. легко адаптируется к последующим вариациям и изменениям, не так как при использовании воды, перегретой воды, диатермического масла.

И конечно, все вышеупомянутое становится еще более важным, когда мы затронем аспект сбережения энергии.

Все приводит к тому, что даже при условии, что пар не так сложен в использовании, как вода и другие жидкости, хорошая техническая подготовка и практическое ноу-хау – неотъемлемые условия при выборе парового оборудования, которое должно производиться только серьезно подготовленным специалистом.

ТАБЛИЦА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В НОВЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ

Давление

Ед. измерения	Обозначение	Па	бар	атм	мм рт. ст	Кг.с/м²	Фунт на кв. дюйм	Фунт на кв. фут	Дюйм вод. ст.	Дюйм рт. ст.	Фут вод. ст.
Паскаль	**Па**	1	10^{-5}	$1{,}0197 \times 10^{-5}$	0,0075	0,10197	$0{,}145 \times 10^{-3}$	0,02088	0,00401	$0{,}295 \times 10^{-3}$	$0{,}335 \times 10^{-3}$
Бар	**Бар**	10^{5}	1	1,0197	750,07	10197	14,505	2088	401,46	29,530	33,456
Атм= кгс/м²	**атм**	98070	0,9807	1	735,56	10000	14,223	2048,16	393,71	28,960	32,808
Мм рт. ст.	**Мм рт. ст.**	133,32	$1{,}332 \times 10^{-3}$	$1{,}3595 \times 10^{-3}$	1	13,595	0,0193	1,392	0,5353	0,0394	0,0446
Кг на м²	**Кгс/м²**	9,807	$9{,}807 \times 10^{-5}$	10^{-4}	0,0735	1	0,00142	0,205	0,0394	0,0029	0,0033
Фунт на кв. дюйм	**Фунт/дюйм²**	6894,14	0,06894	0,0703	51,719	703,07	1	144	27,683	2,0362	2,3069
Фунт на кв. фут	**Фунт на кв. фут**	47,876	$4{,}7876 \times 10^{-4}$	$4{,}8824 \times 10^{-4}$	0,7183	4,8824	0,00694	1	0,1922	0,01414	0,01602
Дюйм вод. ст.	**Дюйм вод. ст.**	249,09	0,00249	0,00254	1,868	25,4	0,03614	5,203	1	0,07355	0,0833
Дюйм рт. ст.	**Дюйм рт. ст.**	3386,36	0,03386	0,03453	25,4	345,34	0,4912	70,731	13,595	1	1,1329
Фут вод. ст.	**Фут вод. ст.**	2989	0,02989	0,03048	22,42	304,8	0,4334	62,43	12	0,8827	1

Энергия

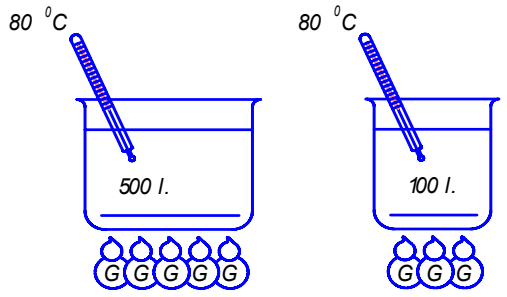
Ед. измерения	Обозначение	Дж	Кг.с/м	Кал(ккал)	Вт/ч	ЛС/ч	Фунт сила на фут	Бте
Джоуль	**Дж**	1	0,10197	$0{,}2388 \times 10^{-3}$	$0{,}2778 \times 10^{-3}$	$0{,}378 \times 10^{-6}$	0,7375	$0{,}9478 \times 10^{-3}$
Килограмм на метр	**Кг.с/м**	9,807	1	$2{,}342 \times 10^{-3}$	$2{,}724 \times 10^{-3}$	$0{,}370 \times 10^{-5}$	7,233	$9{,}295 \times 10^{-3}$
Килокалория	**Кал(ккал)**	4186,80	426,92	1	1,163	$1{,}581 \times 10^{-3}$	3087,6	3,9683
Ватт в час	**Вт/ч**	3600	367,08	0,8605	1	$1{,}360 \times 10^{-3}$	2654,87	3,413
Л.С. час	**ЛС/ч**	$2647{,}8 \times 10^{3}$	$269{,}91 \times 10^{3}$	632,53	735,5	1	$1952{,}92 \times 10^{3}$	2512,2
Фунт сила на фут	**Фунт сила на фут**	1,356	0,1383	$0{,}3238 \times 10^{-3}$	$0{,}3767 \times 10^{-3}$	$0{,}512 \times 10^{-6}$	1	$1{,}2853 \times 10^{-3}$
Брит. Тепл. Ед.	**Бте**	1055,06	107,58	0,2520	0,2930	$0{,}398 \times 10^{-3}$	778,03	1

Основные положения теории тепла

Температура и теплота

Температура тела представляет собой тепловой градус, которым обладает данное тело или собственное термическое состояние тела в данный момент времени. Температура измеряется при помощи термометра. Калория (кал) представляет собой количество тепла, которым обладает тело. Одна калория-это количество тепла, необходимое для повышения на 1 °C (точнее с 14 °C до 15°C) температуры 1 кг воды.

Различие между температурой и теплом



Предположим, необходимо нагреть воду в 2 резервуарах до 80 °C. Один резервуар содержит 500 л, то есть 500 кг воды. Другой – 100 л, то есть 100 кг воды. Оба резервуара должны достигнуть одинаковой температуры 80 °C.
Учитывая определение, данное калории, и предполагая, что температура воды, которую следует нагреть составляет 10 °C, то для нагрева 1 кг воды с 10 °C до 80 °C необходимо: 80-10=70 калорий.

Таким образом, для нагрева 500 кг воды с с 10 °C до 80 °C необходимо: 80-10=70 70×500=35.000 ккал.

Другой резервуар содержит 100 кг воды, для её нагрева с 10 °C до 80 °C понадобиться:
80-10=70 70×100=7.000 ккал

Таким образом, два резервуара имеют одинаковую температуру 80 °C, но для нагрева воды в одном резервуаре потребовалось 35.000 ккал, в другом – 7.000 ккал, то есть для нагрева до одинаковой температуры 80 °C для одного резервуара потребовалось в 5 раз больше калорий, чем для другого (35.000:7.000=5).

Удельная теплоемкость

Удельная теплоемкость тела представляет собой количество тепла, необходимое для увеличения температуры 1 кг тела на 1 °C. Для различных материалов количество тепла, необходимое для увеличения температуры тела определенного веса не одинаково.

Удельная теплоемкость некоторых твердых и жидких материалов

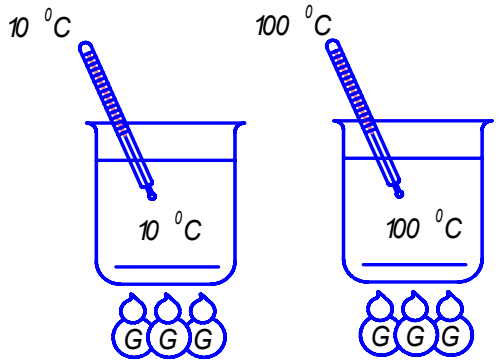
Вода	Ккал/кг	1,00
Нефть	“	0,50
Оливковое масло	“	0,45
Кирпич	“	0,20
Дерево	“	0,57
Железо	“	0,11
Свинец	“	0,03
Медь	“	0,09

Пример: нагрев 500 кг воды с 20°C до 70°C. Удельная теплоемкость воды=1
70-20=50°C 50×1×500=25.000 ккал

Пример: нагрев 500 кг нефти с 20°C до 70°C. Удельная теплоемкость=0.5
70-20=50°C 50×0.5×500=12.500 ккал

Физическая теплота

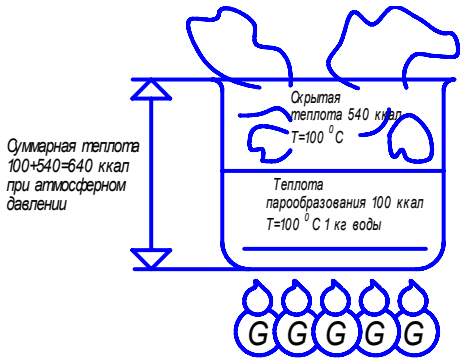
Тепло, которое производит увеличение температуры при проникновении в какое-либо вещество принято называть физическим теплом. В применении к котельному оборудованию тепло, поступающее от топки и нагревающее воду, является физическим теплом и имеет полное название физическое тепло воды.



При нагреве 1 кг воды в открытом резервуаре до 100°C энтальпия составит 100 ккал/кг:
Температура воды = 100°C
Энтальпия и физическая теплота воды = 100 ккал/кг

Скрытая теплота

При дальнейшем нагреве энтальпия и температура воды не повышаются, но вода начинает закипать, поскольку она достигла собственной точки кипения при температуре 100°C. Получая дополнительный нагрев, вода переходит из жидкого состояния в газообразное. Из кипящей воды происходит выделение пара, называемого водяным паром. Таким образом, избыток тепла, поступившего в резервуар с водой после закипания и вызвавшего превращение воды в пар, является скрытой теплотой (полное название которой скрытая теплота испарения воды). Количество скрытой теплоты измеряется в калориях.



Скрытая теплота 540 ккал T=100°C
Физическая теплота 100 ккал T=100°C 1 кг воды
Суммарная теплота 100+540=640ккал
При атмосферном давлении

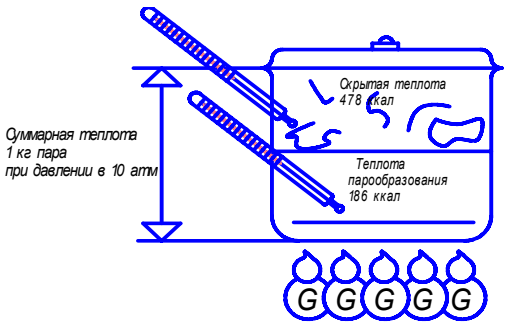
Суммарная теплота пара

Итак, при атмосферном давлении для превращения 1 кг воды в пар необходимо всего 640 ккал.
- для доведения воды до кипения требуется: 100 ккал +
- для превращения ее в пар требуется 540 ккал
- суммарная теплота 1 кг пара составляет 640 ккал

Температура как воды, так и пара при этом остается 100°C. Из вышеописанного видно, что пар, образовавшийся в открытом резервуаре, содержит два типа теплоты: физическую теплоту воды и скрытую теплоту, которая была добавлена для преобразования воды в пар. Таким образом, полная теплота, содержащаяся в паре, состоит из суммы физической и скрытой теплоты. Количественно скрытая теплота значительно превосходит физическую. В каждом кг пара при температуре 100°C содержится порядка 100 кал физической и 540 кал скрытой теплоты, что в сумме составляет 640 кал полной теплоты. При любом количестве данного пара соотношение теплоты не изменится. Например, для 100 кг данного пара, учитывая полученные соотношения, достаточно умножить на 100 вышеуказанные значения.

Производство пара под давлением

Атмосфера оказывает давление на все то, что находится на поверхности земли. Данное давление действует во всех направлениях: его величина равна 1,033 кг на каждый сантиметр поверхности. Подобным образом пар, выделяющийся из открытого резервуара, подвергается воздействию атмосферного давления, то есть окружающего давления, значение которого равно 1,033 кг/м². Температура пара при данном давлении та же, что и температура воды при кипении при том же атмосферном давлении, то есть 100°C. До тех пор, пока резервуар открыт сверху и пар может свободно выделяться, резервуар с содержимым остается под действием атмосферного давления и при соответствующей ему температуре.



Скрытая теплота 478 ккал
Физическая теплота 186 ккал
Суммарная теплота 1 кг пара при P= 10 атм.

Для пояснения:
- давление внутри резервуара: 1,033 кг/см²
- давление пара: 1,033 кг/см²
- температура воды в резервуаре: 100°C
- температура пара: 100°C

Если герметически закрыть резервуар и продолжать нагрев, то будет продолжаться также производство пара. Чем больше пара производиться внутри резервуара, тем сильнее сжатие, которому он подвергается, чтобы разместиться в резервуаре. Испытывая сжатие, пар оказывает давление во всех направлениях на все, что его окружает. Таким образом, кроме создания давления на внутренние поверхности резервуара, пар создает также давление на воду. При увеличении давления на поверхность воды, следовательно, увеличивается также температура кипения.
В то время как при атмосферном давлении (1,033 кг/см²) вода кипит при достижении 100°C, то при давлении, например, 10 кг/см² температура кипения повышается до 184°C.
Следовательно, для поддержания воды в состоянии кипения и производства пара при данной температуре необходимо обеспечить подачу большего количества физической теплоты.
С другой стороны, при повышенных температурах и давлении количество скрытой теплоты, необходимой для трансформации кипящей воды в пар менее значительно.

Исходя из двух вышеописанных примеров:

Суммарная теплота при атмосферном давлении : ккал/кг	640
Суммарная теплота при давлении = 10 атм. : ккал/кг	664

Разница: + 24 ккал/кг

Физическая теплота при атмосферном давлении: ккал/кг	100
Физическая теплота при давлении 10 атм. : ккал/кг	186

Разница: + 86 ккал/кг

Скрытая теплота при

атмосферном давлении: 540 ккал/кг

Скрытая теплота при давлении 10 атм.: 478 ккал/кг

Разница: - 62 ккал/кг

Температура воды при атмосферном давлении: 100°C

Температура воды при давлении 10 атм.: 184°C

Разница: + 84°C

При сравнении двух примеров получается, что: суммарная теплота увеличилась, но незначительно (+24 ккал/кг), значение физической теплоты увеличилось значительно (+86 ккал/кг), а скрытой теплоты значительно уменьшилось (-62 ккал/кг).
Таким образом, когда давление пара увеличивается, то образуется большее количество суммарного тепла (однако, незначительно, и увеличение постепенно становится менее заметным при повышении давления), большее количество физической теплоты и меньшее скрытой.
Когда же давление пара понижается, то образуется незначительно меньшее количество суммарной теплоты, меньшее количество физической и большее скрытой теплоты.

Давление пара выражается в кг/см² или в бар и делится на относительное и абсолютное. Обычно в технических областях речь всегда идет об относительном давлении.
Для преобразования относительного давления в абсолютное следует увеличить значение относительного давления на значение атмосферного давления. (+1) Относительное давление определяется при помощи обычных манометров, установленных на каждом котле.

Пространство, занимаемое паром
(удельный объем)

Пространство, занимаемое паром определенного веса, зависит от давления пара. То есть, при полном преобразовании 1 кг воды получается 1 кг пара.

- При относительном давлении 1 кг/см²
  сухой насыщенный пар занимает 0,881 м³.

- При относительном давлении 10 кг/см² пар занимает 0,177 м³.

В обоих случаях было взято одинаковое количество воды, которое было полностью преобразовано в то же количество пара.
Однако, с увеличением давления пар занимает меньше места, поскольку подвергается сжатию при постепенном увеличении давления.

www.garioninaval.com

www.texcon.ru

Физические характеристики насыщенного пара

Давление				Температура		Уд. Объём	Физич. теплота вод.		Скрыт. теплота исп.		Суммарн. теплота	
Относительное		Абсолютное										
бар	кг/см^2	бар	кг/см^2	К	°С	м³/кг	кДж/кг ккал/кг		кДж/кг ккал/кг		кДж/кг ккал/кг	
		0,050	0,051	306,0	32,9	28,192	137,8	32,9	2423,7	579,2	2561,5	612,2
		0,100	0,102	318,9	45,8	16,474	191,8	45,8	2392,8	571,9	2584,6	617,7
		0,150	0,153	327,1	54,0	10,022	225,9	54,0	2373,1	567,2	2599,1	621,2
		0,200	0,204	333,2	60,0	7,649	251,4	60,1	2358,3	563,6	2609,7	623,7
		0,250	0,255	338,1	65,0	6,204	271,9	65,0	2346,3	560,7	2618,2	625,7
		0,300	0,306	342,2	69,1	5,229	289,2	69,1	2336,1	558,3	2625,3	627,4
		0,350	0,357	345,8	72,7	4,530	304,3	72,7	2327,2	556,2	2631,5	628,9
		0,400	0,408	349,0	75,9	3,993	317,6	75,9	2319,2	554,3	2636,8	630,2
		0,450	0,459	351,8	78,7	3,580	329,7	78,8	2312,0	552,6	2641,7	631,3
		0,500	0,510	354,5	81,3	3,240	340,5	81,4	2305,4	551,0	2645,9	632,4
		0,600	0,611	359,1	85,9	2,732	359,8	86,0	2293,6	548,2	2653,5	634,2
		0,700	0,713	363,1	89,9	2,365	376,7	90,0	2283,3	545,6	2660,0	635,7
		0,800	0,815	366,6	93,5	2,087	391,6	93,6	2274,1	543,5	2665,8	637,1
		0,900	0,917	359,8	86,7	1,869	405,1	96,8	2265,7	541,5	2670,9	638,3
		1,000	1,019	372,8	99,6	1,964	417,4	99,8	2258,0	539,6	2675,5	639,4
0	0	1,013	1,032	373,1	100,0	1,673	419,0	100,1	2257,0	539,4	2676,0	639,6
0,05	0,051	1,063	1,083	374,5	101,4	1,601	424,9	101,5	2253,3	538,4	2678,2	640,0
0,10	0,102	1,113	1,134	375,8	102,6	1,533	430,2	102,8	2250,2	537,7	2680,4	640,6
0,15	0,153	1,163	1,185	378,2	105,1	1,471	435,6	104,1	2246,7	536,9	2682,3	641,1
0,20	0,204	1,213	1,236	379,4	106,2	1,414	440,8	105,3	2243,4	536,2	2684,2	641,5
0,30	0,306	1,313	1,338	380,5	107,4	1,312	450,4	107,6	2237,2	534,7	2687,6	642,3
0,40	0,408	1,413	1,440	382,7	109,5	1,225	459,7	109,8	2231,3	533,3	2691,0	643,1
0,50	0,510	1,513	1,542	384,7	111,6	1,149	468,3	111,9	2225,6	531,9	2693,9	643,8
0,60	0,611	1,613	1,644	386,7	113,5	1,038	476,4	113,8	2220,4	530,6	2696,8	644,5
0,70	0,713	1,713	1,746	388,5	115,4	1,024	484,1	115,7	2215,4	529,5	2699,5	644,9
0,80	0,815	1,813	1,848	390,3	117,1	0,971	491,6	117,5	2210,5	528,3	2702,1	645,4
0,90	0,917	1,913	1,950	391,9	118,8	0,923	498,9	119,2	2205,6	527,1	2704,5	645,9
1,00	1,019	2,013	2,052	393,6	120,4	0,881	505,6	120,8	2201,1	526,0	2706,7	646,4
1,10	1,121	2,113	2,154	395,1	121,9	0,841	512,2	122,4	2197,0	525,1	2709,2	647,0
1,20	1,223	2,213	2,256	396,6	123,4	0,806	518,7	124,0	2192,8	524,1	2711,5	647,5
1,30	1,325	2,313	2,358	398,0	124,9	0,773	524,7	125,4	2188,7	523,1	2713,3	648,0
1,40	1,427	2,413	2,460	399,4	126,3	0,743	530,5	126,8	2184,8	522,2	2715,3	648,5
1,50	1,529	2,513	2,562	400,8	127,6	0,714	536,1	128,1	2181,0	521,2	2717,1	648,8
1,60	1,631	2,613	2,663	402,0	128,9	0,689	544,6	130,1	2177,3	520,4	2718,9	649,3
1,70	1,733	2,713	2,765	403,3	130,1	0,665	547,1	130,7	2173,7	519,5	2720,8	649,6
1,80	1,835	2,813	2,867	404,5	131,4	0,643	552,3	132,0	2170,1	518,6	2722,4	650,0
1,90	1,937	2,913	2,969	405,7	132,5	0,622	557,3	133,2	2166,7	517,8	2724,0	650,3
2,00	2,039	3,013	3,071	406,8	133,7	0,603	562,2	134,4	2163,3	517,0	2725,5	650,7
2,20	2,242	3,213	3,275	409,0	135,9	0,568	571,7	136,6	2156,9	515,5	2728,6	652,1

Физические характеристики насыщенного пара

Давление				Температура		Уд. Объём	Физич. теплота вод.		Скрыт. теплота исп.		Суммарн. теплота	
Относительное		Абсолютное										
бар	кг/см^2	бар	кг/см^2	К	°С	м^3/кг	кДж/кг ккал/кг		кДж/кг	ккал/кг	кДж/кг	ккал/кг
2,40	2,446	3,413	3,479	411,1	138,0	0,536	580,7	138,8	2150,7	514,0	2731,4	652,8
2,60	2,650	3,613	3,683	413,1	140,0	0,509	589,2	140,8	2144,7	512,6	2733,9	653,4
2,80	2,854	3,813	3,887	415,1	141,9	0,483	597,4	142,8	2139,0	511,2	2736,4	654,0
3,00	3,058	4,013	4,091	416,9	143,7	0,461	605,3	144,7	2133,4	509,9	2738,7	654,6
3,20	3,262	4,213	4,294	418,6	145,4	0,440	612,9	146,5	2128,1	508,6	2741,0	655,1
3,40	3,466	4,413	4,498	420,3	147,2	0,422	620,0	148,2	2122,9	507,4	2742,9	655,6
3,60	3,670	4,613	4,702	422,0	148,8	0,405	627,1	149,9	2117,8	506,1	2744,9	656,0
3,80	3,873	4,813	4,906	423,6	150,4	0,389	634,0	151,5	2112,9	505,0	2746,9	656,5
4,00	4,077	5,013	5,110	425,1	152,0	0,374	640,7	153,1	2108,1	503,8	2748,8	656,9
4,20	4,281	5,213	5,314	426,5	153,4	0,361	647,1	154,6	2103,5	502,7	2750,6	657,4
4,40	4,485	5,413	5,518	428,0	154,8	0,348	653,3	156,1	2098,9	501,6	2752,2	657,8
4,60	4,689	5,613	5,722	429,4	156,2	0,336	659,3	157,6	2094,5	500,6	2753,8	658,1
4,80	4,893	5,813	5,926	430,8	157,6	0,325	665,2	159,0	2090,2	499,5	2755,4	658,5
5,00	5,097	6,013	6,129	432,1	158,9	0,315	670,9	160,3	2086,0	498,5	2756,9	658,9
5,50	5,607	6,513	6,639	435,2	162,1	0,292	684,6	163,6	2075,7	496,1	2760,3	659,7
6,00	6,116	7,013	7,149	438,2	165,0	0,272	697,5	166,7	2066,0	493,8	2763,5	660,5
6,50	6,626	7,513	7,659	441,0	167,8	0,255	709,7	169,6	2056,8	491,6	2766,5	661,2
7,00	7,136	8,013	8,168	443,6	170,5	0,240	721,4	172,4	2047,7	489,4	2769,1	661,8
7,50	7,645	8,513	8,678	446,2	173,0	0,227	732,5	175,1	2039,2	487,4	2771,7	662,5
8,00	8,155	9,013	9,188	448,6	175,4	0,215	743,1	177,6	2030,9	485,4	2774,0	663,0
8,50	8,665	9,513	9,697	450,9	177,7	0,204	753,3	180,0	2022,9	483,5	2776,2	663,5
9,00	9,174	10,013	10,207	453,1	180,0	0,194	763,0	182,3	2015,1	481,6	2778,1	663,9
9,50	9,684	10,513	10,717	455,2	182,1	0,185	772,5	184,6	2007,5	479,8	2780,0	664,4
10,00	10,194	11,013	11,226	457,2	184,1	0,177	781,6	186,8	2000,1	478,0	2781,7	664,8
11,00	11,213	12,013	12,246	461,1	188,0	0,163	798,8	190,9	1986,0	474,6	2784,8	665,6
12,00	12,232	13,013	13,265	464,8	191,7	0,151	815,1	194,8	1972,5	471,4	2787,6	666,2
13,00	13,252	14,013	14,284	468,2	195,1	0,141	830,4	198,5	1959,6	468,3	2790,0	666,8
14,00	14,271	15,013	15,304	471,5	198,3	0,132	845,1	202,0	1947,1	465,3	2792,2	667,3
15,00	15,291	16,013	16,323	474,6	201,4	0,124	859,0	205,3	1935,0	462,5	2794,0	667,8
16,00	16,310	17,013	17,343	477,5	204,4	0,117	872,3	208,5	1923,4	459,7	2795,7	668,2
17,00	17,329	18,013	18,362	480,3	207,2	0,110	885,0	211,5	1912,1	457,0	2797,1	668,5
18,00	18,349	19,013	19,381	483,0	209,9	0,105	897,2	214,4	1901,3	454,4	2798,5	668,8
19,00	19,368	20,013	20,401	485,6	212,5	0,100	909,9	217,2	1890,5	451,8	2799,5	669,5
20,00	20,387	21,013	21,420	488,1	215,0	0,095	920,3	220,0	1880,2	449,4	2800,5	669,4
21,00	21,407	22,013	22,439	490,5	217,3	0,090	931,3	222,6	1870,1	447,0	2801,4	669,6
22,00	22,426	23,013	23,459	492,8	219,6	0,087	941,9	225,1	1860,1	444,6	2802,0	669,7
23,00	23,445	24,013	24,478	495,0	221,8	0,083	952,2	227,6	1850,4	442,2	2802,6	669,8
24,00	24,465	25,013	25,497	497,2	224,0	0,080	962,2	230,0	1840,9	440,0	2803,1	670,0
25,00	25,484	26,013	26,517	499,3	226,1	0,077	972,1	232,3	1831,4	437,7	2803,5	670,0

Энтальпия водяного перегретого пара

Относительное давление		ТЕМПЕРАТУРА											
		150°C 423,15 К		200°C 473,15 К		250°C 523,15 К		300°C 573,15 К		350°C 623,15 К		400°C 673,15 К	
бар	кг/см²	кДж/кг Ккал/кг		кДж/кг	Ккал/кг	кДж/кг	Ккал/кг	кДж/кг	Ккал/кг	кДж/кг	Ккал/кг	кДж/кг	Ккал/кг
1	1,019	2769,5	661,5	2869,1	685,3	2969,3	709,1	3068,0	732,8	3169,3	757,0	3271,9	781,5
2	2,039	2761,5	659,6	2864,9	684,3	2965,5	708,2	3065,5	732,2	3167,2	756,5	3270,2	781,1
3	3,058	2752,3	657,4	2860,3	683,2	2962,2	707,4	3063,0	731,6	3165,5	756,1	3268,1	780,6
4	4,077			2855,7	682,1	2958,8	706,6	3060,5	731,0	3163,0	755,5	3266,4	780,2
5	5,097			2850,7	680,9	2955,9	705,9	3058,0	730,4	3160,9	755,0	3265,2	779,9
6	6,116			2845,7	679,7	2952,5	705,1	3055,5	729,8	3158,0	754,5	3263,5	779,5
7	7,136			2840,2	678,4	2949,2	704,3	3053,0	729,2	3157,2	754,1	3261,8	779,1
8	8,155			2835,2	677,2	2945,4	703,4	3050,4	728,6	3155,5	753,7	3260,2	778,7
9	9,174			2829,4	675,8	2942,1	702,6	3047,9	728,0	3153,4	753,2	3258,9	778,4
10	10,194			2823,5	674,4	2938,7	701,8	3045,4	727,4	3151,3	752,7	3257,2	778,0
12	12,232			2809,7	671,1	2931,6	700,1	3039,5	726,0	3147,5	751,8	3254,3	777,3
14	14,271			2797,5	668,2	2923,1	698,2	3034,9	724,9	3143,4	750,8	3251,0	776,5
16	16,310					2915,2	696,3	3029,5	723,6	3139,2	749,8	3247,2	775,6
18	18,349					2908,1	694,6	3024,0	722,3	3150,0	748,8	3243,8	774,8
20	20,387					2899,7	692,6	3018,6	721,0	3130,8	747,8	3240,5	774,0
25	25,484					2877,1	687,2	3004,4	717,6	3120,3	745,3	3232,5	772,1
30	30,581					2852,4	681,3	2989,3	714,0	3109,4	742,7	3223,7	770,0
35	35,678					2823,9	674,5	2973,0	710,1	3098,6	740,1	3215,4	768,0
40	40,775							2956,6	706,2	3087,3	737,4	3207,0	766,0
45	45,872							2939,0	702,0	3075,5	734,6	3198,6	764,0
50	50,968							2921,5	697,8	3063,0	731,6	3189,4	761,8

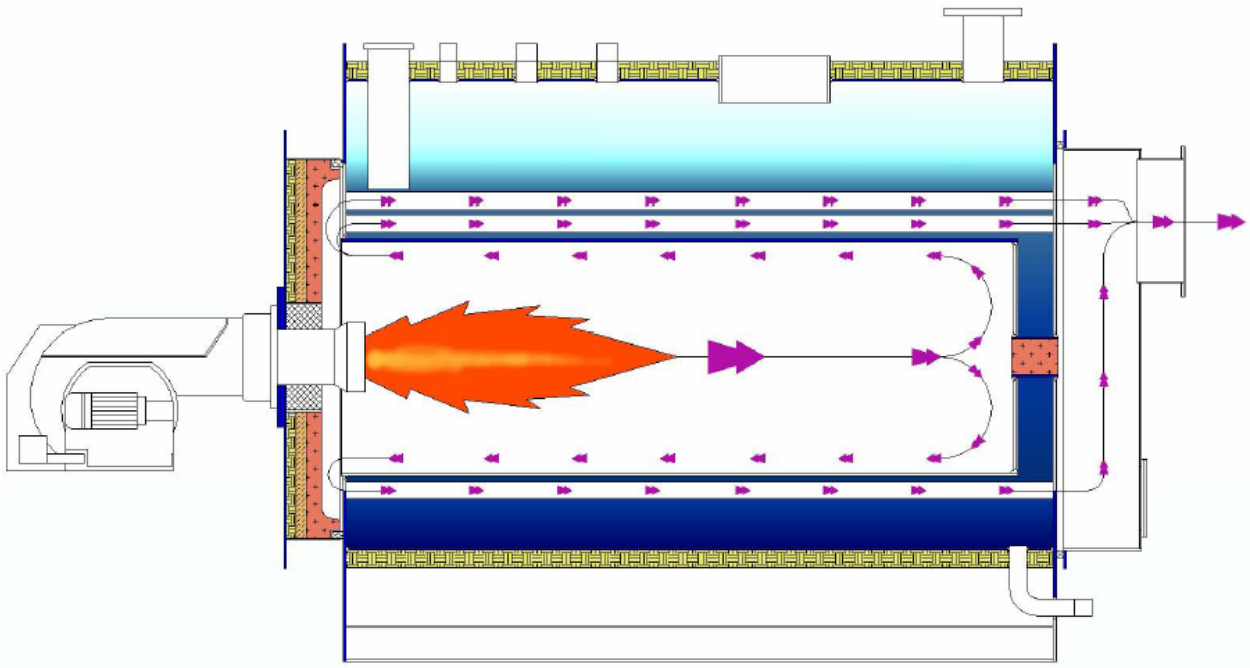
Удельная теплоемкость перегретого пара

Относит. давление		200°C	473,15 К	250°C	523,15 К	300°C	573,15 К	350°C	623,15 К	400°C	673,15 К
бар	кг/см²	кДж/кг К	Ккал/кг С	кДж/кг К	Ккал/кг С	кДж/кг К	Ккал/кг С	кДж/кг К	Ккал/кг С	кДж/кг К	Ккал/кг С
1	1,019	2,001	0,478	2,001	0,478	2,010	0,480	2,031	0,485	2,060	0,492
2	2,309	2,039	0,487	2,014	0,481	2,018	0,482	2,039	0,487	2,068	0,494
3	3,058	2,072	0,495	2,030	0,485	2,031	0,485	2,051	0,490	2,072	0,495
4	4,077	2,110	0,504	2,047	0,489	2,043	0,488	2,060	0,492	2,081	0,497
5	5,097	2,156	0,515	2,068	0,494	2,051	0,490	2,069	0,494	2,089	0,499
6	6,116	2,206	0,527	2,085	0,498	2,064	0,493	2,077	0,496	2,098	0,501
7	7,136	2,252	0,538	2,114	0,505	2,081	0,497	2,085	0,498	2,106	0,503
8	8,155	2,311	0,552	2,135	0,510	2,098	0,501	2,098	0,501	2,114	0,505
9	9,174	2,386	0,570	2,169	0,518	2,114	0,505	2,110	0.504	2,123	0,507
10	10,194	2,457	0,587	2,198	0,525	2,135	0,510	2,123	0,507	2,127	0,508
12	12,232	2,642	0,631	2,265	0,541	2,177	0,520	2,148	0,513	2,144	0,512
14	14,271	2,889	0,690	2,349	0,561	2,219	0,530	2,169	0,518	2,160	0,516
16	16,310			2,436	0,582	2,257	0,539	2,194	0,524	2,173	0,519
18	18,349			2,537	0,606	2,298	0,549	2,219	0,530	2,190	0,523
20	20,387			2,646	0,632	2,336	0,558	2,240	0,535	2,206	0,527
25	25,484			2,930	0,700	2,428	0,580	2,298	0,549	2,248	0,537
30	30,581			3,232	0,772	2,533	0,605	2,357	0,563	2,290	0,547
35	35,678			3,550	0,848	2,646	0,632	2,416	0,577	2,332	0,557
40	40,775					2,780	0,664	2,478	0,592	2,370	0,566
45	45,872					2,922	0,698	2,537	0,606	2,407	0,575
50	50,968					3,077	0,735	2,596	0,620	2,449	0,585

ЖАРОТРУБНЫЕ ПАРОВЫЕ КОТЛЫ С ИНВЕРСИЕЙ ПЛАМЕНИ

Принцип действия

Продукты горения пересекают топку котла, поэтому, учитывая тот факт, что дно топки несквозное (тупиковая топка), выполняют первую инверсию, проходя в обратном направлении по внешней стороне топки, и объединяются в верхней камере инверсии, люк которой имеет огнеупорную футеровку. Из верхней камеры инверсии через дымовые трубы, расположенные блоком вокруг топки котла, продукты горения поступают в нижнюю дымовую камеру, откуда направляются в дымоход. Внутри жаровых труб установлены спиралевидные стержни из нержавеющей стали, обладающие температуростойкими свойствами. Подобные стержни, называемые “турбулизаторы”, служат для увеличения турбулентности дыма и, следовательно, увеличения теплообмена между ним и циркулирующей вокруг жаровых труб водой.
При наличии турбуляторов и особой траектории прохождения дыма, естественная тяга в котле при выключенной горелке становится несущественной. Потери тепла внутри котла, связанные с естественной тягой, на прерывистых режимах работы при этом минимальны. По той же причине горелка должна быть рассчитана таким образом, чтобы при работе вентилятор создавал давление, превышающее потери давления внутри котла независимо от естественной тяги. При рассмотрении стороны контакта с водой/паром следует учесть, что котел дополнительно снабжен паровой камерой, в которой поддерживается определенный уровень поверхности воды, служащий для создания соответствующего “зеркала испарения”, позволяющего производить пар.



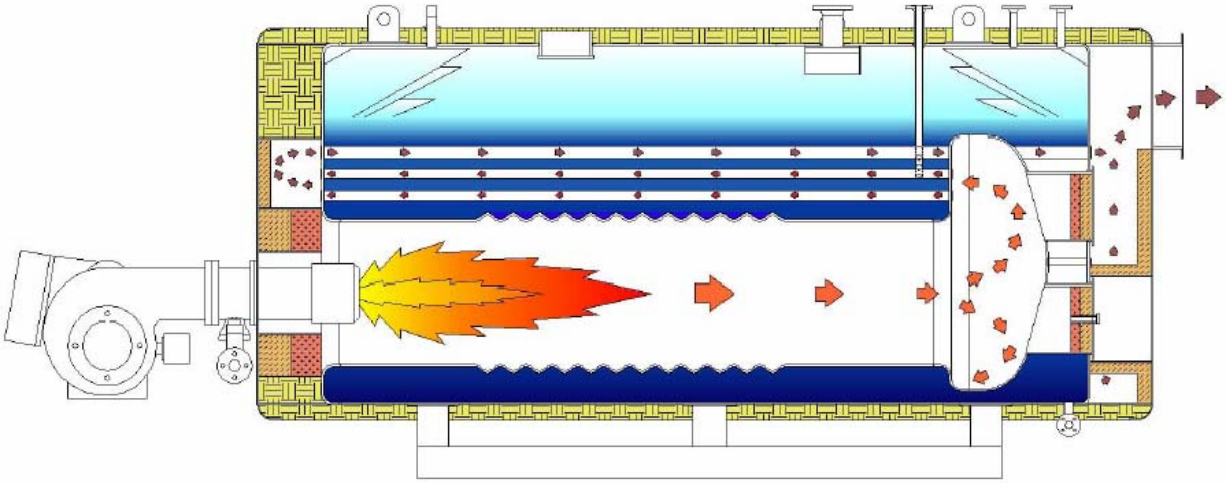
Сечение жаротрубного парового котла с инверсией пламени.

ТРЕХХОДОВЫЕ ПАРОВЫЕ ЖАРОТРУБНЫЕ КОТЛЫ С “ВЛАЖНОЙ” ЗАДНЕЙ СТЕНКОЙ

Принцип действия

Котел относится к типу жаротрубных и труб обратного хода снабжен также задней топочной поворотной камерой инверсии дыма и передней поворотной камерой.
Подобная инверсионная камера называется также “печка”, поскольку в наиболее совершенных моделях она полностью омывается водой для снижения потерь при излучении через дно топки и во избежание излишнего нагревания стенок.
В “печке” дым поступает в заднюю поворотную камеру блока труб и из нее возвращается к передней стенке котла, где расположена вторая поворотная камера, покрытая огнеупорной футеровкой, которая также имеет блок труб, через который дым попадает в заднюю дымовую камеру, откуда затем направляется в дымоход.

В подобных котлах часто используется топка волнистого типа, позволяющая компенсировать тепловое расширение. Данные генераторы обычно используются для производства пара в количестве более 4/5 тонн/час, поскольку длина топки усложняет правильное распространение производимого в ней тепла.
Поскольку в подобных случаях топка является сквозной, то выход дыма может осуществляться только через верхнюю ее часть, таким образом, стенки топки используются наиболее рациональным способом.
В генераторах данного типа поверхности теплообмена превышают по величине поверхности паровых котлов с реверсией пламени при той же мощности.



Сечение трехходового паротрубного котла с «влажной» задней стенкой.

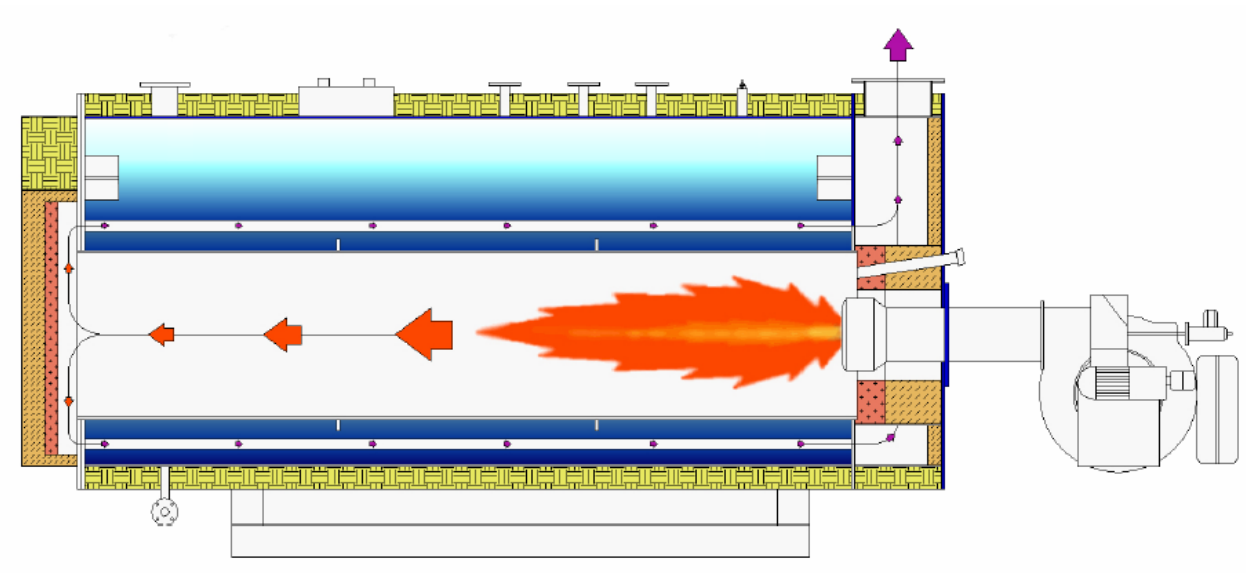
ДВУХХОДОВЫЕ ПАРОВЫЕ ЖАРОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

Принцип действия

Котел относиться к типу жаротрубных и имеет заднюю поворотную камеру пламени, покрытую огнеупором, выдерживающим высокие температуры, которая направляет дым, газы, прошедшие через топку, в трубопровод второго и последнего хода прежде, чем выпустить дым в дымоход, соединенный с верхней дымовой камерой.

Данные парогенераторы обычно используются для производства пара до 5
тонн/час вследствие ограничений по длине топки, в которой происходит порядка 60/70% обмена тепла, произведенного в процессе горения.

Однако сквозная топка позволяет использовать всю поверхность обмена топки независимо от нагрузки, на которую рассчитан парогенератор. Котел также имеет превосходные эксплуатационные показатели при низкой загрузке.



Сечение двухходового парового жаротрубного котла.

ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

Принцип действия

При увеличении мощности, а особенно рабочего давления, возникают сложности с использованием жаротрубных котлов, поскольку высокое давление влечет за собой увеличение толщины корпуса, что делает конструкцию котла металлоемкой и неэкономичной. В подобных случаях рекомендуется применять водотрубные котлы, где вода и пар не граничат внутри корпуса котла, а находятся внутри труб, позволяя таким образом эксплуатировать котел при значительно более высоком давлении. Котел, сконструированный в классической манере, состоит из двух цилиндрических корпусов, призматической камеры горения, состоящей из труб, касающихся между собой, и жидкости, проходящей по определенному маршруту внутри этих труб. В камере, которая производит теплообмен, посредством излучения, происходит горение. Другая часть котла состоит из двух горизонтальных цилиндрических корпусов, верхнего и нижнего. В верхнем производится сбор смеси воды и пара, поступающей из труб кипения, и отделение воды от пара. Нижний имеет функцию сбора воды, которая затем направляется в блок труб и камеру горения. Два цилиндрических корпуса соединены между собой следующим образом:

1) посредством вертикального блока труб, формирующего зону конвективного теплообмена;
2) посредством D-образный группы труб, касающихся между собой и спаянных. Группа установлена в головной части цилиндрических корпусов вдоль образующей и формирует таким образом часть камеры горения для проведения теплообмена через излучение;
3) при помощи стенок вертикальных, касающихся между собой и спаянных труб, соединенных с двумя коллекторами для закрытия камеры горения спереди и сзади. Для размещения горелки на передней стенке предусмотрен проем.

Водяной контур

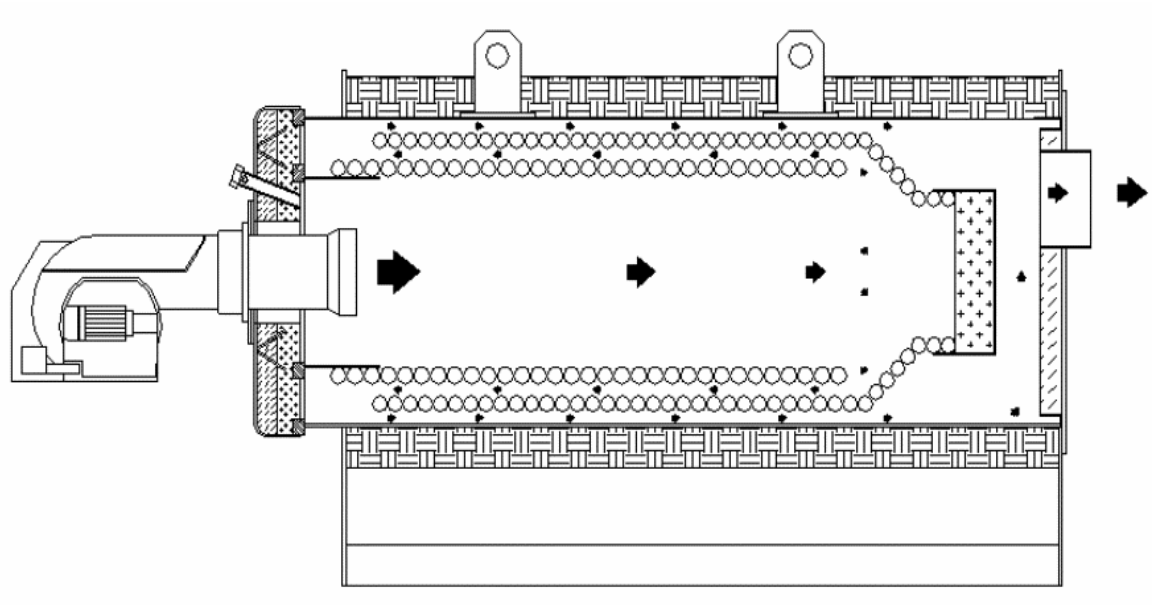
- Питательная вода поступает в верхний цилиндрический корпус, внутри которого распространяется при помощи перфорированной трубы, обеспечивающей равномерность ее распределения по цилиндру;
- Тепловой поток в камере горения и в блоке труб снова затягивает воду, которая таким образом распределяется по трубам в зависимости от роли каждой в теплообмене;
- Смесь воды и пара, формирующаяся в трубах, поступает в верхний цилиндрический корпус, где пар отделяется и выводится, в то время как вода продолжает циркулировать.

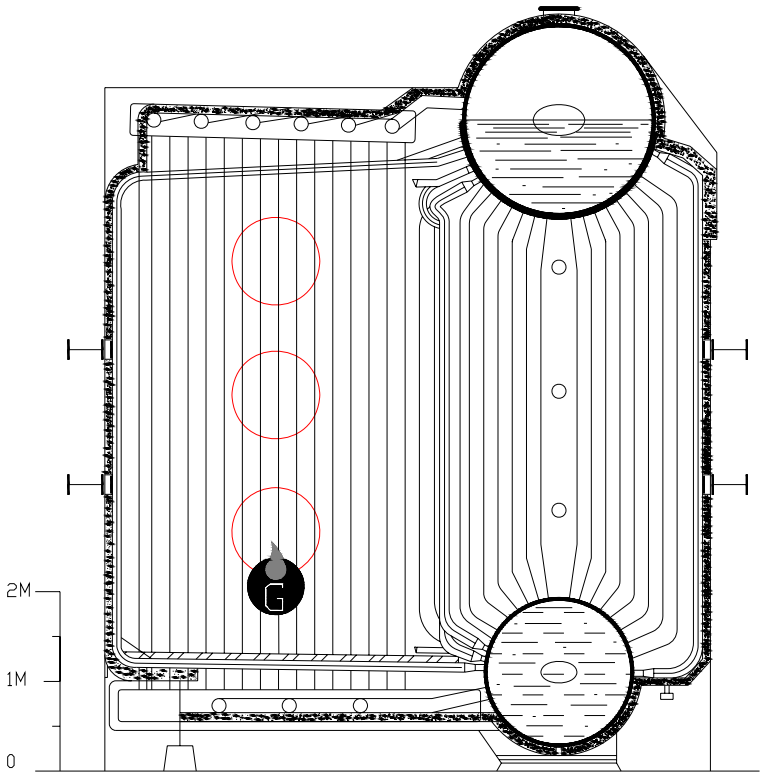
Дымовой контур

В камере D с обратной группой труб происходит горение с наддувом и теплообмен посредством излучения, вызываемого высокой температурой пламени и его яркостью. Продукты горения из камеры поступают в блок труб через специальное отверстие. Турбулентность, образуемая при попадании горячего дыма между трубами, выполняет принудительный конвективный теплообмен со смесью воды и пара, циркулирующий в трубах, вследствие чего происходит понижение температуры дыма на выходе из генератора.
Парогенераторы данного типа применяются в случаях, когда требуемое рабочее давление превышает 15 бар или при производстве пара более 10/12 тонн/час.

Модель с принудительной циркуляцией

Для небольшой мощности до 8 тонн/час применяются генераторы, в которых циркуляция воды в трубах обеспечивается насосом, а испарение воды происходит в процессе прохождения через завитые в змеевик трубы. Данные генераторы относятся к типу змеевиковых с принудительной циркуляцией.





ПАРОВЫЕ КОТЛЫ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Отличительные черты парогенераторов

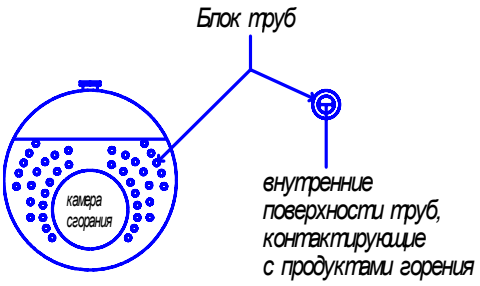
Производительность или мощность:
Количество пара, производимого в час, измеряется в кг/ч. При этом важно уточнить физическое состояние пара (давление, температура). В подобных случаях с учетом энтальпии на кг произведенного пара более удобно использовать единицу измерения мощности кВт или ккал/ч.

Удельная производительность или удельная мощность:
Соотношение между количеством произведенного в час пара в кг и поверхностью нагрева. Представляет собой количество пара в кг, получаемого в час на каждый квадратный метр нагретой поверхности; измеряется в кг/м²/ч.

Предельное давление:
Максимальное фактическое давление, при котором парогенератор может функционировать. Давление кипения измеряется в бар или кг/см² (атм.). Значение давления кипения отмечено в регистрационном журнале оборудования и обозначено в центре информационной таблички.

Рабочее давление:
Давление ниже или равное давлению, при котором нормально функционирует генератор.

Поверхность нагрева:
Площадь поверхности в м², которая с одной стороны контактирует с дымом, а с другой – с водой; измерение происходит со стороны контакта с дымом.

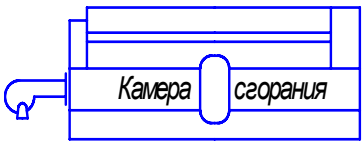


Производство пара в зависимости от поверхности нагрева

ТИП КОТЛА	*ПР-ВО ПАРА кг/ч на м²*
корнваллийские котлы	18
корнваллийские котлы с реверсивной топкой	20
нестационарные горизонтальные котлы	25
нестационарные вертикальные котлы	20
котлы морского типа	8
котлы с наддувом: давление от 1 до 5 атм. От 29-31.000 ккал/м²/ч соответствует:	53-58
котлы с наддувом: давление от 8 до 15 атм. От 29-31.000 ккал/м²/ч соответствует:	48-50

Объемная термическая нагрузка камеры сгорания:

Соотношение между количеством тепла, произведенного при горении за единицу времени, к объему камеры сгорания; измеряется в ккал/м³/ч.



Пример:
Котел с газовой горелкой с установленной подачей 258 м³/ч
Теплотворность метана 8500 ккал/м²
Объем камеры сгорания 2 м³
TVL=(258×8500) : 2= 1,096,500 ккал/м³/ч

Объемная термическая нагрузка камеры горения	**Кг/кал/м³/ч**
Давление кипения 1 атм.	800.000
Жаротрубные котлы	От 1.000.000 до 1.800.000
Водотрубные котлы	От 800.000 до 1.200.000

Термическая нагрузка камеры сгорания:

Соотношение между количеством тепла, производимым в камере горения в единицу времени, и поверхностью нагрева камеры горения; измеряется в кг/м²/ч.

Объемная термическая нагрузка камеры сгорания	**Кг/кал/м²/ч**
Котлы корнваллийские и судовые	10.000
Котлы газотрубные вертикальные	11.000
Котлы нестационарные горизонтальные	15-20.000
Котлы с наддувом: кипение от 1 до 5 атм.	27-35.000
Котлы с наддувом: кипение от 8 до 15 атм.	29-31.000

КПД генератора:

Отношение передаваемого тепла к жидкости и теплу, вырабатываемому при горении.

Пример: Паровой котел, давление кипения: 12 атм.
Мощность сжигания топки: 1.150.000 ккал/ч
Мощность, переданная жидкости: 1.000.000 ккал/ч

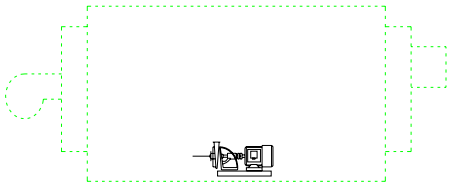
$$\text{КПД} = \frac{1.000.000}{1.150.000} = 0.869 = 86.9\ \%$$

Тип котла	**КПД %**
Корнваллийский	68-72
Корнваллийский газотрубный	76-80
Судовой	70-75
Котлы в акс.	
Нестационарные горизонтальные	77-82
Нестационарные вертикальные	68-72
Водотрубные многотрубные	84-87
С наддувом	84-87
С контролируемой циркуляцией	90

Степень испарения:

Соотношение между массой произведенного пара и массой горючего, использованного за то же количество времени. Данная величина представляет собой количество пара в кг, полученного при сгорании 1 кг топлива.
Приблизительные значения для котлов с наддувом:
1 кг нефти (9600 кал) может производить 12-14 кг пара.
1 кг газойля (10210 кал) может производить 13-15 кг пара.
1 Нм³ метана (8500 кал) может производить 10-11 кг пара.

Характеристики питающего насоса парогенератора



P= рабочее давление **=** 1,2 x давление кипения котла
Q= рабочая подача насоса**=** 2 x максимальная подача (кг/ч) при производстве пара котлом

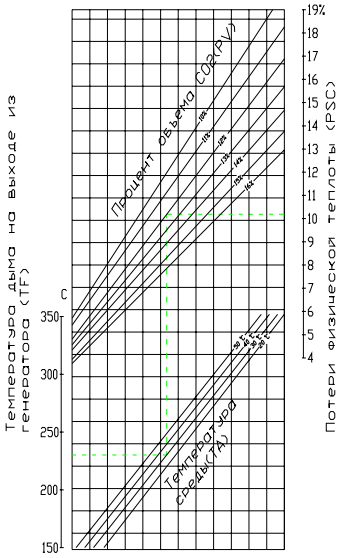
Преобразование ккал/ч – кг/ч – кВт/ч – Л.С.

Произв. пара	Мощность		Произв. пара
Кг/ч	**Ккал/ч**	**КВт/ч**	**Л.С.**
125	75,000	87	116.6
300	180,000	209	280
550	330,000	383	514
750	450,000	523	701
1,000	600,000	697	935
2,000	1,200,000	1,393	1,868
3,000	1,800,000	2,090	2,802

Кг/ч в ккал/ч = кг/ч x 600
Пр. Кг/ч 1000 × 600 = 600,000 ккал/ч
Ккал/ч в кВт/ч = ккал/ч × 0,001161
Пр. Ккал/ч 600,000 × 0,001161 = 697кВт/ч
кВт/ч в Л.С./ч = кВт/ч × 1,341
Пр. кВт/ч 697 × 1,341 935 Л.С./ч

Обратное преобразование
Л.С./ч в кВт/ч = Л.С./ч × 1,341
Пр. Л.С./ч 935: 1,341 = 697 кВт
Л.С./ч в ккал/ч = ккал/ч: 0,001558
Пр. Л.С./ч 935: 0,001558 = 600,000 ккал/ч
кВт/ч в ккал/ч = кВт/ч: 0,001161
Пр. кВт/ч 697: 0,001661 = 600,000 ккал/ч

Диаграмма для приблизительного определения производительности парогенераторов



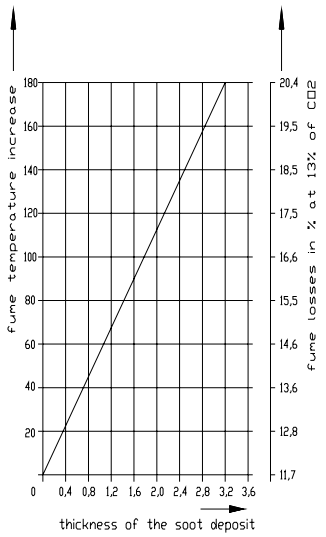
TA- Температура среды
TF- температура дыма на выходе из генератора
PV CO_2 – процент объема CO_2
PCS – потери физической теплоты

Пример: TF = 230 ^{0}C **TA =** 30 ^{0}C
CO_2 = 12 % **PCS =** 10 %
После определения температуры дыма на выходе из котла (TF) и содержания CO_2 в дымоходе при помощи диаграммы выбираются потери физической теплоты в процентах.

Если принять за среднее значение потерь теплоты по различным причинам
(PCV) = 2 %, то общая термическая производительность определяется как:

η = 100-PCS-PCV
η = 100-10-2=88 (88%)

Увеличение температуры газа по отношению к толщине слоя сажи



Толщина слоя сажи (по оси X)
Увеличение температуры отходящих газов (по оси Y)
Потери с дымом в % при 13 % CO_2

Быстрый расчет потребления топлива котлом с газовой горелкой

Q= Количество потребляемого топлива, Нм^3/ч
H= Энтальпия пара при соответствующем давлении (ккал/кг пар)
TAC= Температура питающей воды котла (^{0}C)
P.C.I. = Низшая теплота сгорания метана (ккал/Нм^3/ч 8000-8500)
η = КПД котла
P = Количество произведенного пара (кг/ч)

$$Q = \frac{H - TAC \times P}{P.C.I.}$$

Пример:
Котел производительностью 1000 кг/ч пара
КПД η = 0.88
Давление пара : 12 атм.
Температура питающей воды: 65 ^{0}C
Энтальпия или суммарная теплота пара при 12 атм. = 666 ккал/кг

$$Q = \frac{666-16}{8000 \times 8000\ \eta} \times 1000 = 92\ Нм^3/ч$$

Пример:
Тот же котел при использовании нефти в качестве топлива
P.C.I. = нижняя мощность сгорания нефти (9800 ккал/кг)

$$Q = \frac{666 - 16}{9800 \times 0{,}88} \times 1000 = 70\ кг/ч$$

Пример:
Тот же котел при использовании дизельного топлива в качестве топлива
P.C.I. = нижняя мощность сгорания дизельного топлива (10000 ккал/кг)

$$Q = \frac{666-16}{10000 \times 0{,}88} \times 1000 = 68\ кг/ч$$

Краткие характеристики топлив

Мощность сгорания топлива:
Представляет собой количество теплоты, выраженное в калориях, выделенное при сгорании 1 кг жидкого или твердого или 1 м^3 газообразного топлива.

Высшая теплота сгорания:
Все виды топлива, кроме полностью сухих, содержат определенную долю воды в виде влажности; в процессе сгорания водорода также происходит образование воды. Данная жидкость приобретает вид пара, находясь в топке и воздуховоде котла. Если бы дым при выходе из дымохода имел температуру менее 100 ^{0}C, то пар бы преобразовывался в конденсат, отдавая и используя, таким образом, калории испарения, подобным способом использовалась бы вся теплота, содержащаяся в топливе, то есть была бы получена верхняя мощность сгорания.

Низшая теплота сгорания:
Если же, как обычно происходит в котельных установках, дым направляется в дымоход при температуре более 100 ^{0}C, то влажность выводится в форме пара, а теплота конденсации распределяется в атмосфере. Таким образом, на практике используется меньшая фактическая теплота, то есть нижняя мощность сгорания.

топливо	верхн. мощность сгорания	нижн. мощность сгорания
дизельное топливо	10900 ккал/кг	10200 ккал/кг
масло	10450 ккал/кг	9800 ккал/кг
метан	9400 ккал/Нм^3	8500 ккал/Нм^3
сжиж. нефт. газ (СНГ)	26000 ккал/Нм^3	2400 ккал/Нм^3

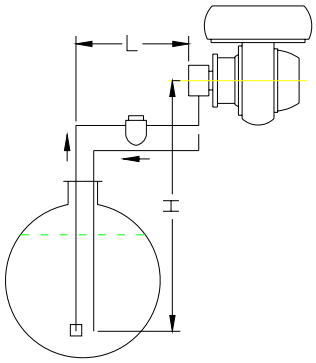
Термотехнические характеристики жидкого топлива

Коммерческое наименование	Плотность 15^0	Вязкость 50^{0}С^{0}Е	Нижн. мощность сгорания ккал/кг	Верх. мощность сгорания ккал/кг	Теоретич. атмосфера м3/м3	Предв. нагрев топлива
Керосин	0,81	/	10300	11050	11,33	НЕТ
Дизельное топливо	0,84	/	10200	10900	14,24	НЕТ
Тяж. диз. топливо	0,87	/	/	/	/	70-80^{0}С
Жидк. масло	0,92	3-5	9800	10450	10,7	100-110^{0}С
Полужидк. масло	0,94	5-7	/	/	/	/
Плотное масло ATZ (выс. содерж. серы)	0,97	>7	9600	10200	10,5	120-140^{0}С
Плотное масло BTZ (низ. содерж. серы)	0,97	>7	9600	10200	/	120-140^{0}С

Термотехнические характеристики газообразного топлива

Коммерческое наименование	Плотность 15^0	Взрывн. смесь в возд. %	Нижн. мощность сгорания ккал/кг	Верх. мощность сгорания ккал/кг	Теоретич. атмосфера м3/м3	Точка росы, ^{0}С
Метан СН4	0,55	5-15	8500	9400	9,56	58
Пропан С3Н8	1,55	2,4-9,3	22200	24000	24,3	54
Бутан С4Н10	2,09	2-7,6	29500	32000	32,3	53
СНГ	1,68	2,1-9,5	24000	26000	26,3	54
Пропановый воздух	1,14	7,5-36	5900	6400	5,75	54
Бытовой газ	0,39	5-30	4200	4700	4,33	62
Биогаз	0,89	7,8-32	5400	6000	6,12	57

Размеры топливопроводов для дизельной горелки



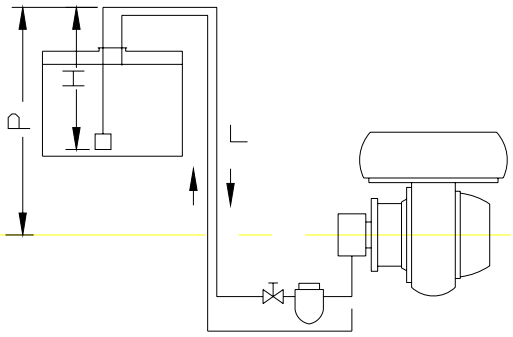
H= разность уровня (м)
L= длина трубопровода, включая вертикальный отрезок (м)

Возвратный трубопровод должен находиться немного выше донного клапана подающего трубопровода.

Подача диз. топлива кг/ч	2-20	15-30	30-60	45-100	70-140	100-200		150-300	
H, м	Ø10 ×1	Ø12 ×1	Ø12 ×1	Ø14 ×1	Ø16 ×1	Ø_"		Ø_"	
	L, м	L, м	L, м	L, м	L, м	L, м		L, м	
0	35	70	40	45	70	25	50	25	50
0,5	30	62	36	40	60	20	40	20	40
1	25	55	32	35	50	15	30	15	30
1.5	20	48	28	27	40	10	20	10	20
2	15	40	24	20	30	5	10	5	10
3	8	25	15	10	15	/	5	/	5
3,5	6	10	10	/	7	/	/	/	/

Пример:
Горелка с подачей дизельного топлива 40 кг/ч. Значение H составляет 1,5 м и L 20 м. Выбирается медный трубопровод 12×1 (при данных условиях максимальное допустимое значение L составляет 28 м).

Дизельная горелка: установка с подачей топлива самотеком



H=разность уровня (м)
L= длина трубопровода, включая вертикальный отрезок (м)
Необходимо, чтобы величина P не превышала 4 м во избежание излишнего давления топлива на уплотнения насоса.

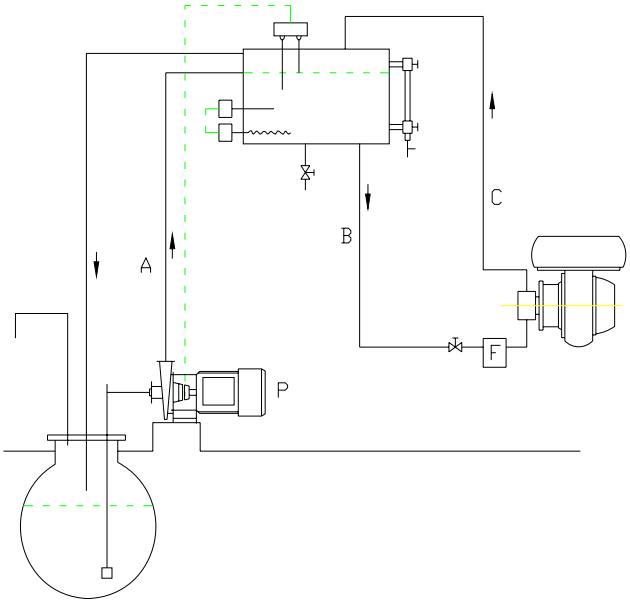
Пример:
Дизельная горелка с подачей 65 кг/ч. Значение H составляет 1,5 м и L 30 м. Выбирается медный трубопровод 14×1 (при данных условиях максимальное допустимое значение L составляет 40 м).

Подача диз. топлива кг/ч	2-20	15-30	30-60	45-100	70-140	100-200		150-200	
H, м	Ø10 ×1	Ø12 ×1	Ø12 ×1	Ø14 ×1	Ø14 ×1	Ø_"		Ø_"	
	L, м	L, м	L, м	L, м	L, м	L, м		L, м	
0,5	30	90	90	60	60	20	40	20	40
1	25	80	80	50	50	15	30	15	30
1.5	20	70	70	40	40	12	25	12	25
2	15	58	58	30	30	10	20	10	20
3	8	36	36	15	15	5	10	5	10
3,5	6	25	25	7	7	/	5	/	5

www.garioninaval.com

www.texcon.ru

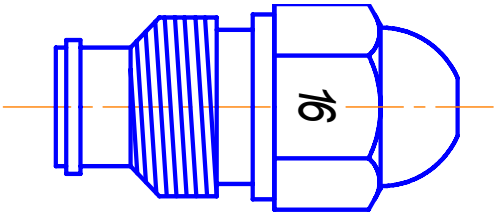
Размеры топливопроводов для мазутной горелки



ККАЛ МАКС. отдан.		P Насос Q л/ч	Ø A	Ø B			Ø B		
				Вязкость			Вязкость		
				3-5^0 E	7-9^0 E	15-20^0 E	3-5^0 E	7-9^0 E	15-20^0 E
До	400.000	300	1”	1”	1”	1”1/4	1”	1”	1”
До	1.000.000	600	1”1/4	1”1/4	1”1/4	1”1/2	1”1/4	1”1/4	1”1/4
До	2.000.000	600	1”1/2	1”1/4	1”1/2	1”1/2	1”1/4	1”1/4	1”1/4
До	4.000.000	1000	2”	1”1/2	2”	2”	1”1/2	1”1/2	1”1/2
До	6.000.000	1500	2”	2”	2”	2”1/2	1”1/2	1”1/2	1”1/2

www.garioninaval.com

www.texcon.ru



Подача топлива через форсунки для горелок на нефти

Подача форсунки (ном. подача)	Давление насоса, бар		
	19 бар	20 бар	21 бар
	кг/ч	кг/ч	кг/ч
0,85	4,9	5	5,1
1	5,7	5,9	6
1,5	8,6	8,8	9
1,75	10	10,3	10,6
2	11,5	11,8	12,1
2,25	12,9	13,2	13,6
2,5	14,3	14,7	15,1
3	17,2	17,7	18,1
4	23	23,5	24,1
5	28,7	29,4	30,2
6	34,4	35,3	36,2
6,50	37,3	38,3	39,2
7	40,2	41,2	42,2
7,50	43	44,1	45,2
8,30	47,6	48,9	50,1
9,50	54,5	55,9	57,3
10,50	60,2	61,8	63,3
12,00	68,9	70,6	72,4
13,80	79,2	81,2	83,2
15,30	87,8	90,1	92,3
17,50	100,4	103	105,6
19,50	111,9	114,8	117,6
21,50	123,4	126,6	129,7
24	137,7	141,3	144,8
28	160,7	164,8	168,9
30	172,1	176,6	181

ИМЯ_____

ФАМИЛИЯ_____

КОМПАНИЯ_____

АДРЕС_____

ТЕЛЕФОН_____

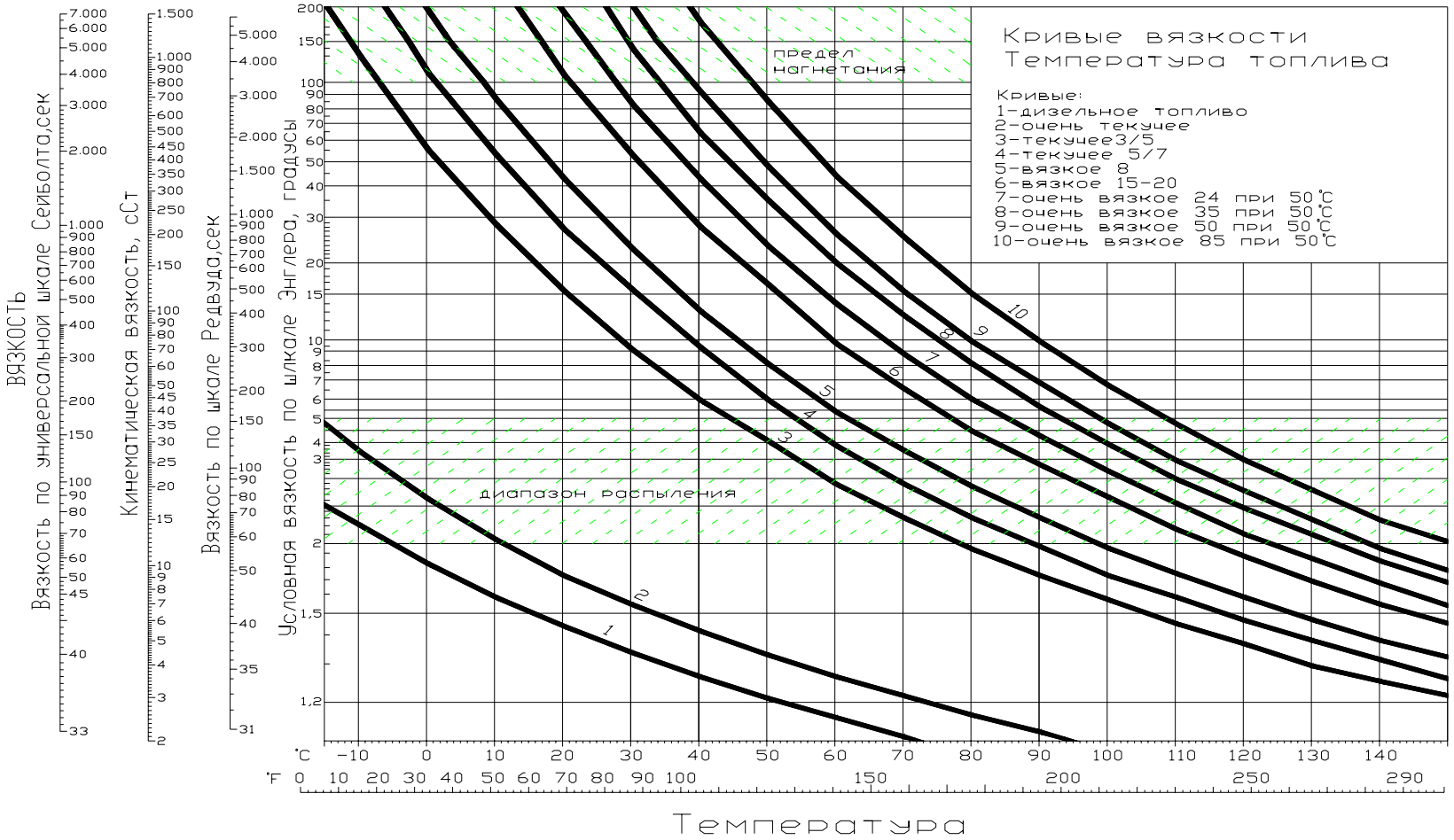
ФАКС_____

E-MAIL_____

Я бы хотел/а получить следующий выпуск
«Технической тетради» Garioni Naval (Гариони Навал)

Подпись_____

Графики вязкости топлива



Содержание

Таблица преобразования традиционных единиц измерения давления в новые единицы измерения международной системы 3

Давление/Энергия 3

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ТЕПЛА
Температура и теплота 4
Удельная теплоемкость 4
Физическая теплота 5
Скрытая теплота 5
Суммарная теплота пара 5
Производство пара под давлением 6
Пространство, занимаемое паром (удельный объем) 6
Физические характеристики насыщенного пара 8
Энтальпия водяного перегретого пара 10
Удельная теплоемкость перегретого пара 10

ЖАРОТРУБНЫЕ ПАРОВЫЕ КОТЛЫ С ИНВЕРСИЕЙ ПЛАМЕНИ

Принцип действия 11

ТРЕХХОДОВЫЕ ПАРОВЫЕ ЖАРОТРУБНЫЕ КОТЛЫ С “ВЛАЖНОЙ” ЗАДНЕЙ СТЕНКОЙ
Принцип действия 12

ДВУХХОДОВЫЕ ПАРОВЫЕ ЖАРОТРУБНЫЕ КОТЛЫ
Принцип действия 13

ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ
Принцип действия 14
Водяной контур 14
Дымовой контур 14
Модель с принудительной циркуляцией 15

ПАРОВЫЕ КОТЛЫ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
Отличительные черты парогенераторов 16
Характеристики питающего насоса парогенератора 18
Преобразование ккал/ч – кг/ч – кВт/ч – Л.С. 18
Диаграмма для приблизительного определения производительности парогенераторов 18
Быстрый расчет потребления топлива котлом с газовой горелкой 19
Краткие характеристики топлив 19

Термотехнические характеристики жидкого топлива 20
Термотехнические характеристики газообразного топлива 20
Размеры топливопроводов для дизельной горелки 21
Дизельная горелка: установка с подачей самотеком 22
Размеры топливопроводов для мазутной горелки 24

ВЯЗКОСТЬ ТОПЛИВА 25