

ПЕЧНОЙ ЦЕНТР «КАМИ»
www.kamicenter.ru

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ООО «КАМИ»
_____ С.И.Серегин
“ ___ ” _____ 2014г.



ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ТЕПЛОЕМКИЕ ПЕЧИ:
ДВУХКОНТУРНАЯ КИРПИЧНАЯ ПЕЧЬ «КАМИ» И
ПЕЧЬ ИЗ ТАЛЬКОМАГНЕЗИТА LYDIA Solo 3 (NunnaUuni, Финляндия)
ЦГК, 1 этаж

Отчет по сравнительным испытаниям

РАЗРАБОТАЛ:
Инженер-конструктор ООО «КАМИ»
_____ Кириллов С.В.
“ ___ ” _____ 2014 г.

г. Петрозаводск
2014

1. Введение

В период с 28 февраля по 07 июля 2014 года на производственной площадке «Ками на Онего» проводились сравнительные испытания теплоемких отопительных печей, установленных на первом этаже ЦГК.

Испытаниям подвергались две печи:

- двухконтурная кирпичная печь, разработанная в ООО «КАМИ» (далее печь КАМИ).

Масса печи 2050кг,

Площадь наружной поверхности без учета нижней грани – 5,9м²

- печь из талькомагнезита, разработанная в компании NunnaUuni, Финляндия (далее печь NunnaUuni).

Масса печи 1670кг,

Площадь наружной поверхности без учета нижней грани – 4,5м²

Внешний вид печей показан на рис.1 и 2. Внутреннее устройство печей показано на рис.3...5.

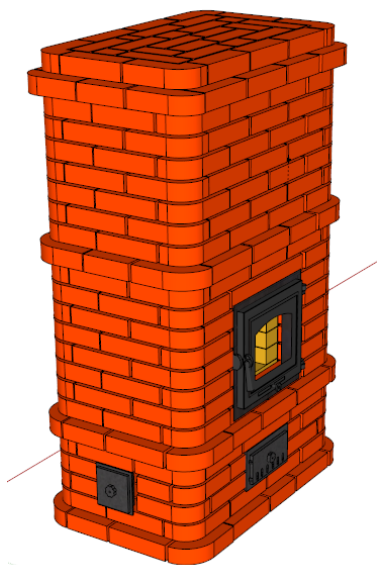


Рис. 1. Внешний вид печи КАМИ

Рис.2. Внешний вид печи NunnaUuni

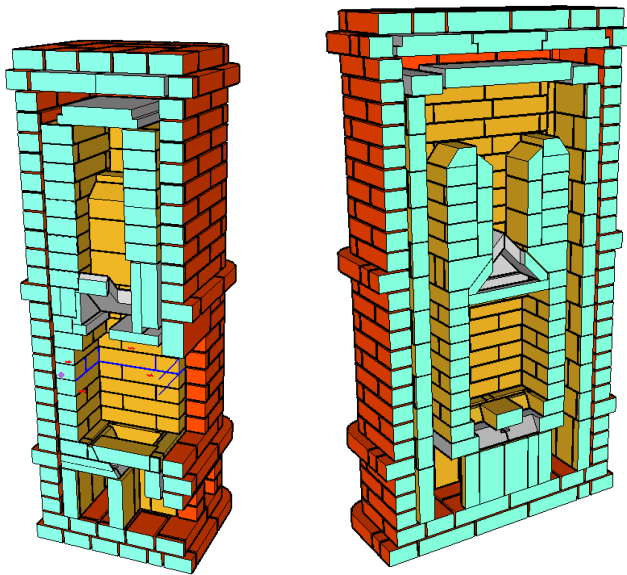


Рис.3 Продольный разрез печи КАМИ

Рис.4 Поперечный разрез печи КАМИ

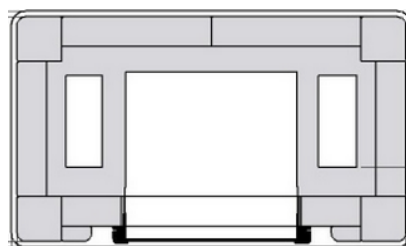


Рис.5. Горизонтальный разрез печи NunnaUuni

Специально для сравнительных испытаний печь КАМИ была модернизирована:

- печь выполнена двухконтурной. При этом дымовые газы не соприкасаются с внешним контуром, сложенным из красного керамического кирпича.

- по середине дна топки имеется подовое пространство размером с кирпич. Слева и справа – узкие колосники шириной по 100мм, а у боковых стенок установлены элементы «Алтайская кольчуга». В целом дно топки печи КАМИ упрощенно соответствует дну топки печи NunnaUuni с ее системой «Золотой огонь».

- в верхней части топки выполнена зона дожига из термоизоляционных элементов, изготовленных из плит SILKA толщиной 40мм. Испытания показали, что плиты SILKA становятся чрезмерно хрупкими после первой же протопки и разрушаются даже от незначительного механического воздействия.

Конструктивные параметры обеих печей соответствуют требованиям ГОСТ 2127-47 «ПЕЧИ ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ТЕПЛОЕМКИЕ. Нормы проектирования».

Испытания в целом проводились в соответствии с европейским стандартом EN15250. Тяга трубы при этом не регулировалась.

Конструктивно обе печи построены по схеме печи Вимана, традиционно применяемой в Финляндии – центральный подъемный канал расходится на два опускных, симметрично расположенных по бокам печи и занимающих весь боковой объем. Ниже уровня топки за зольником опускные каналы объединяются и дымовые газы отводятся в коренную трубу через бор, расположенный на уровне пола.

Цель испытаний: сравнение эффективности двух печей.

Результаты испытаний приведены на соответствующих графиках и в таблицах.

2. Подготовка к испытаниям и проведение испытаний

В процессе испытаний производился контроль эффективности топочного процесса и контроль процесса изменения температуры наружных поверхностей печей.

Для контроля процесса изменения температуры наружных поверхностей печей их поверхность была поделена на зоны размером не более 30х30см. Учитывая симметричность конструкции печей, измерения проводились только на передней, боковой и верхней поверхностях печей.

Таким образом, на печи КАМИ было отмечено 52 точки замера температуры, на печи NunnaUuni - 30. Замеры температур производились ручным пирометром с лазерным наведением. Периодичность снятия замеров – 20мин в течение первых трех часов, затем через каждый час в течение следующих пяти часов, а затем через каждые 3...5 часов до истечения двух суток с начала испытаний.

Для контроля состава отходящих газов и их температуры был использован газоанализатор Delta 65 фирмы MRU (Германия).

Во всех опытах сжигалось по 17,5 кг сухих дров. Влажность дров – 20%. Состав – береза. Подкладывание следующей закладки дров осуществлялось при снижении концентрации CO₂ в дымовых газах до 4%. Жалюзи на зольнике обеих печей были полностью открыты на протяжении всего времени топки. Все дверцы закрыты.

Печь NunnaUuni протапливалась по схеме, указанной в ее инструкции по эксплуатации – растопка с открытыми жалюзи на колоснике, а после выхода в режим жалюзи закрывались, и система переводилась в режим «золотой огонь» (подовая с подводом воздуха по периметру пода вдоль стенок топки через гребенчатые чугунные элементы).

Печь «КАМИ» протапливалась с постоянно открытыми жалюзи зольника. Жалюзи на топочной дверце после свежей закладки открывались, а через 10...20 минут закрывались.

Зонд газоанализатора был установлен под выходной заслонкой, расположенной на коренной трубе, на высоте 2 метра. Запись показаний газоанализатора фиксировалась в режиме реального времени программой MRU profi, установленной на ноутбуке, подключенном к газоанализатору. Запись показаний заканчивалась при снижении концентрации CO₂ в дымовых газах до 25% от максимального значения, полученного в ходе конкретного испытания.

3 . Результаты испытаний

Испытания печей проводились по двум направлениям:

- сравнение результатов анализа отходящих газов;
- сравнение средних дифференциальных температур наружных поверхностей печей;

Всего было проведено четыре испытания печи КАМИ и четыре испытания печи NunnaUuni. Газоанализатор использовался только в двух испытаниях каждой из печей.

Графики показаний газоанализатора в режиме реального времени и средние значения процессов показаны на рис. 6...9.

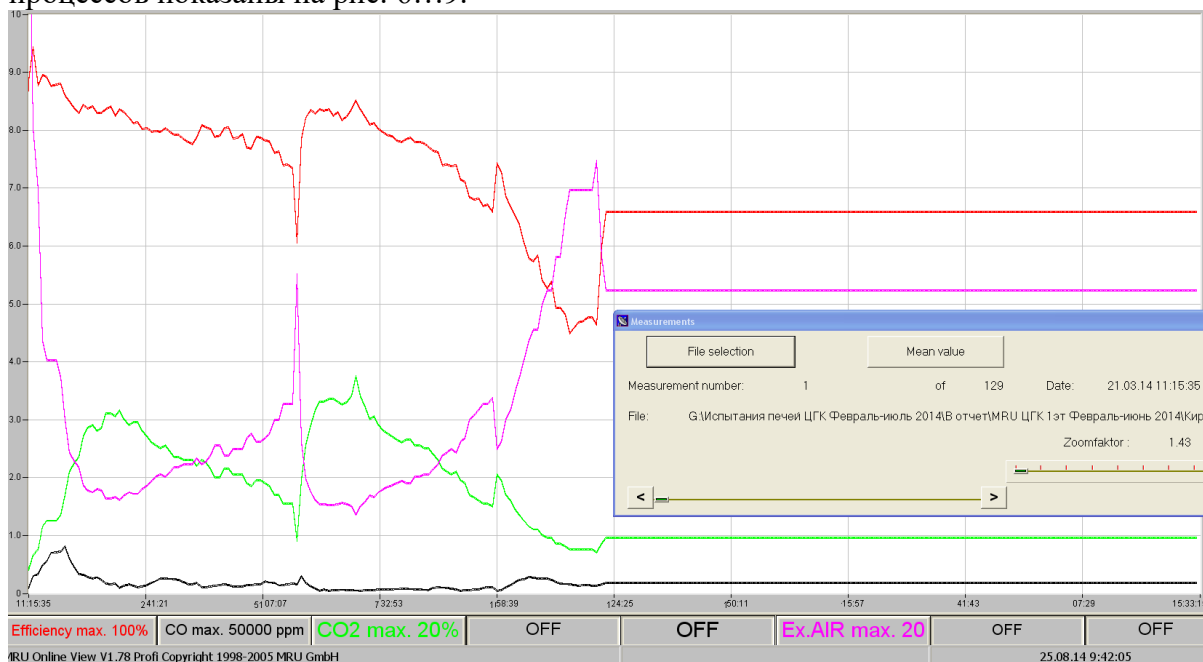


Рис.6. Графики процесса испытания печи КАМИ от 21.03.2014г.
 Красным цветом показан график КПД. Видно, что 17,5 кг дров было сожжено за два раза. При подкладывании следующей порции дров дверка топki открывалась и в печь попадало избыточное количество воздуха – КПД резко падал, а коэффициент подачи воздуха Ex.AIR (обозначен фиолетовым цветом) резко возрастал. После подкладывания свежей порции дров интенсивность горения повышалась и концентрация CO₂ в отходящих газах (зеленый график) доходила до своего максимума в данном конкретном опыте. Черным цветом показан график концентрации CO в отходящих газах. Видно, что концентрация CO даже на своем пике не превышает 5000 ppm (0,5%)

Kunde :		Model :	Delta 65
Measur. :	1 date: 21.03.14 11:15:35	Fuel type :	WOOD DRY
	to 118 date: 21.03.14 13:13:45	CO2max :	20.3 %
		O2-Ref :	13 %

T-Gas :	157.7 °	CO :	844 ppm	9799 ppm/0%
T-Amb. :	12.3 °		1054 mg/m3	1829 mg/ 13 %
Dewpoint :	34.5 °	NO :	0 ppm	0 ppm/0%
T-Boiler :	--- °		0 mg/m3	0 mg/ 13 %
O2 :	16.4 %	NOx :	0 ppm	0 ppm/0%
CO2 :	4.4 %		0 mg/m3	0 mg/ 13 %
Losses :	22.5 %	NO2 :	0 ppm	
Efficiency :	77.5 %	SO2 :	0 ppm	0 ppm/0%
Ex.AIR :	11.61		0 mg/m3	0 mg/ 13 %
Draft :	-33.55 hPa	HC :	0 ppm	0 mg/m3
Oil derivat :	negativ	H2S :	0 ppm	0 mg/m3
Soot no. :	-----			

Рис.7. Средние показатели процесса от 21 марта 2014 года. Испытания печи КАМИ. Из таблицы видно, что средняя температура дымовых газов на выходе из печи составляет 157,7 оС, средняя концентрация CO₂ – 4,4%, КПД – 77,5%, концентрация CO – 1054 мг/м³.

Эти показатели не противоречат современным европейским нормам, которые требуют, чтобы КПД печи был не ниже 78%, а концентрация CO не более 1500мг/м³.

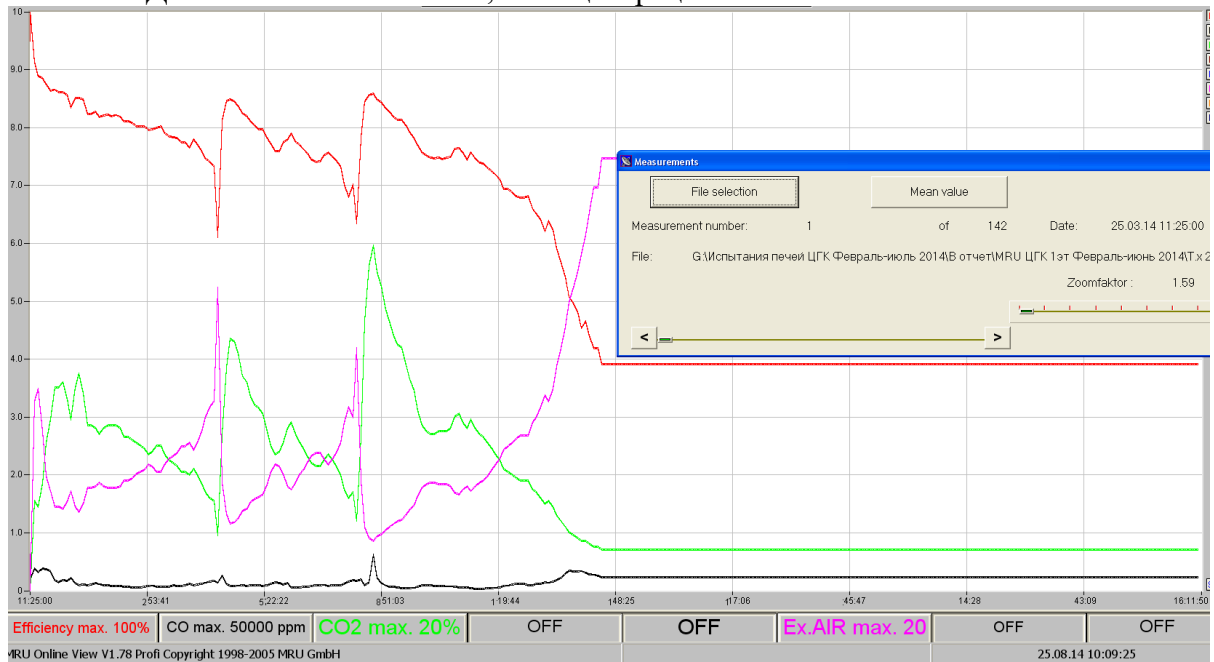


Рис.8. Графики процесса испытания печи NunnaUni от 25.03.2014г.

Kunde :		Model : Delta 65	
Measur. : 1	date: 25.03.14 11:25:00	Fuel type :	WOOD DRY
to 134	date: 25.03.14 13:38:02	CO2max :	20.3 %
		O2-Ref :	13 %

T-Gas :	185.8 °	CO :	553 ppm	5502 ppm/0%
T-Amb. :	10.6 °		691 mg/m3	995 mg/ 13 %
Dewpoint :	37.0 °	NO :	0 ppm	0 ppm/0%
T-Boiler :	--- °		0 mg/m3	0 mg/ 13 %
O2 :	15.4 %	NOx :	0 ppm	0 ppm/0% 0 ppm/ 13 %
CO2 :	5.3 %		0 mg/m3	0 mg/ 13 %
Losses :	22.8 %	NO2 :	0 ppm	
Efficiency :	77.2 %	SO2 :	0 ppm	0 ppm/0%
Ex.AIR :	9.95		0 mg/m3	0 mg/ 13 %
Draft :	-119.9hPa	HC :	0 ppm	0 mg/m3
Oil derivat :	negativ	H2S :	0 ppm	0 mg/m3
Soot no. :	-----			

Рис.9. Средние показатели процесса от 25 марта 2014 года. Испытания печи NunnaUuni.

Из таблицы видно, что средняя температура дымовых газов на выходе из печи составляет 185,8 оС, средняя концентрация CO₂ – 5,3%, КПД – 77,2%, концентрация CO – 691мг/м³.

Из показаний газоанализатора видно, что процессы горения и усвоения тепловой энергии на обеих печах практически равнозначны. Учитывая, что количество сжигаемых дров и их влажность также одинаковы, можно говорить о том, что количество запасенной тепловой энергии на обеих печах также одинаково.

Сводные расчетные таблицы по определению средневзвешенных температур приведены на рис. 10 и 11.

Печь Двухконтурная

Общая площадь всех поверхностей печи 5,9 м²

Дата испытаний: 28.02.2014

Время	Средн. темп. по фасаду Общ площ.=4,0м ²	Средн. темп. по боку Общ площ.=2,56	Средн. темп. по верху Общ площ.= 0,64	Средн. по печи с учетом отношения площадей	Средневзвешенная по печи	Примечание
0,00	8,8	7,6	8,8	60,3	8,3	
0,20	6,9	3,6	5,3	40,2	5,6	
0,40	10,7	4,1	5,3	56,8	7,8	
1,00	12,3	6,6	8,0	71,2	9,9	
1,20	13,8	8,1	9,5	82,0	11,3	
1,40	17,8	10,0	9,2	102,3	14,2	
2,00	19,0	13,1	9,0	115,2	16,0	
2,20	22,2	17,7	10,0	140,5	19,5	
2,40	23,8	18,8	9,7	149,5	20,7	
3,40	29,3	25,6	9,0	188,5	26,1	
4,40	36,7	37,7	16,1	253,6	35,2	
5,40	38,2	35,3	18,0	254,6	35,3	
6,40	37,5	34,7	17,6	254,1	35,3	
7,00	37,8	34,5	16,6	250,1	34,7	
9,00	35,2	33,2	16,3	236,2	32,8	
12,00	31,9	32,0	15,3	219,3	30,4	
15,00	30,5	31,0	16,6	214,6	29,7	
18,00	26,3	26,2	17,5	182,4	25,3	
21,00						
24,00	22,8	20,9	16,5	155,2	21,5	
28,00	16,8	14,4	14,5	113,3		
32,00	16,4	13,0	12,2	106,6	14,8	
48,00						

Рис.10. Сводная расчетная таблица по определению средневзвешенных температур печи КАМИ от 28.02.2014 г.

Для определения средней дифференциальной температуры наружной поверхности печей была использована методика из EN 15250:

1. Определение изменения средней температуры по отдельной поверхности в процессе испытания каждой из печей.
2. Определение изменения средней температуры по печи в целом (с учетом «веса» площади каждой поверхности в общей поверхности печи).
3. Определение изменения средневзвешенной (удельной) температуры каждой из печей.

Печь NunnaUni|

Общая площадь наружных поверхностей печи 6,5м²

Дата испытаний:25.03 2014

Время	Средн. темп. по фасаду Общ площ=3,06	Средн. темп. по боку Общ площ=2,72	Средн. темп. по верху Общ площ= 0,72	Средн. по печи с учетом отношения площадей	Средневзвешенная по печи	Примечание
12,10	10,8	11,0	11,0	70,8	10,9	
13,20	24,2	15,3	11,0	123,5	19,0	
13,50	36,2	24,2	12,5	185,6	28,0	
14,30	48,5	36,2	14,0	256,9	39,5	
15,10	54,6	45,3	16,0	316,2	48,6	
15,40	57,2	49,0	17,5	323,9	49,8	
16,20	58,0	50,6	20,3	329,7	50,7	
16,50	57,2	50,2	22,5	327,8	50,5	
17,30	56,0	51,5	23,2	327,1	50,4	
18,00	55,2	51,2	24,5	325,8	50,1	
18,30	59,7	50,3	24,5	319,8	49,2	
19,00	53,2	49,2	25,7	315,2	48,5	
19,30	52,4	47,9	25,2	308,7	47,5	
20,00	50,8	47,2	25,7	302,3	46,5	
20,30	49,7	46,0	24,2	294,7	45,3	
21,00	47,3	44,4	24,2	285,9	43,9	
22,00	46,2	44,3	24,5	279,5	43,0	
23,00	45,3	42,2	25,5	271,7	41,8	
24,00	43,4	38,5	25,0	255,5	39,3	
0,00	40,2	37,2	24,7	241,9	37,2	
1,00	38,5	35,5	23,0	230,9	35,5	
3,00	35,2	32,0	20,2	209,2	32,1	
6,00	29,9	28,3	19,2	180,1	27,7	
12,00	27,1	25,4	20,7	168,4	25,9	

Рис.11. Сводная расчетная таблица по определению средневзвешенных температур печи NunnaUni от 25.03.2014 г.

На рис. 12 и 13 приведены графики изменения средневзвешенной температуры печи в процессе измерения. Измерения температур производились в течение 48 часов.

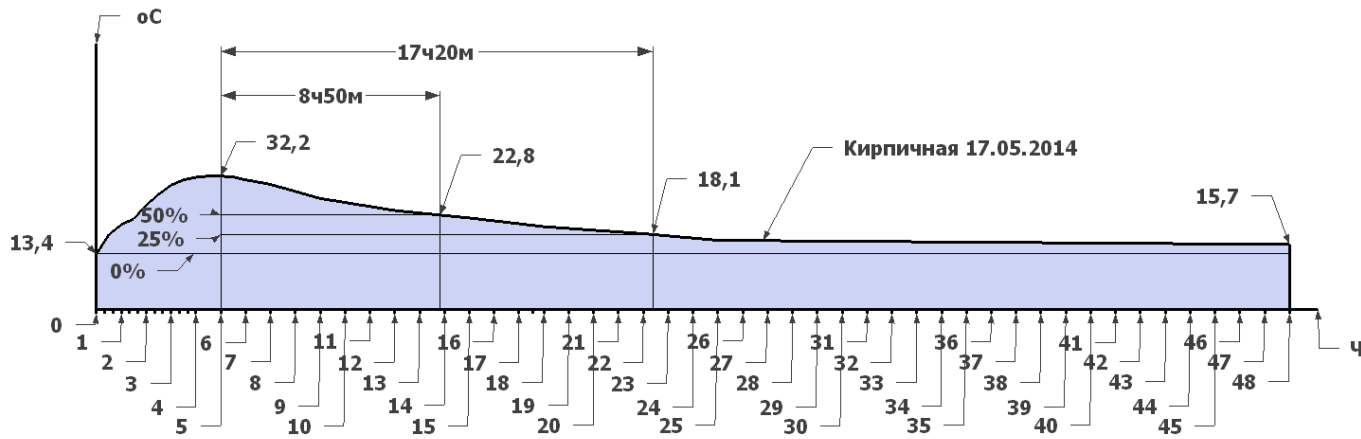


Рис.12. График изменения средневзвешенной температуры печи КАМИ от 17.05.2014г.

Из графика видно, что через пять часов после начала топки средневзвешенная температура печи достигла своего максимума 32,2 оС. Падение набранной в течение топки температуры на 50% произошло через 8ч45мин. По европейским нормам, если падение температуры на 50% происходит не ранее чем через 4 часа, печь считается теплоемкой.

Падение набранной в течение топки температуры на 75% произошло через 17ч20мин.

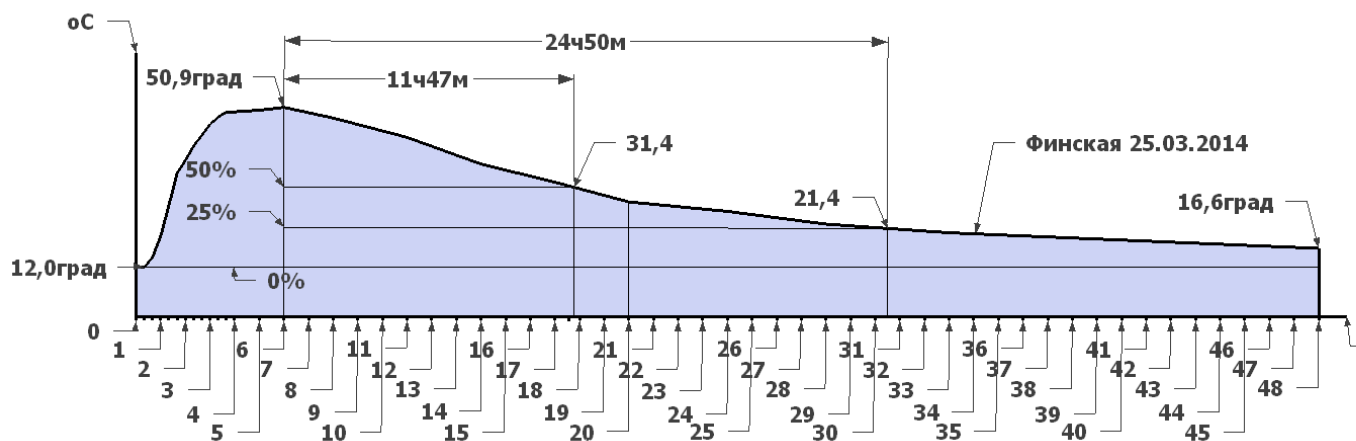


Рис.13. График изменения средневзвешенной температуры печи NunnaUuni от 25.03.2014г.

Из графика видно, что через шесть часов после начала топки средневзвешенная температура печи достигла своего максимума 50,9 оС. Падение набранной в течение топки температуры на 50% произошло через 11ч47мин, что значительно превышает европейскую норму для теплоемких печей.

Падение набранной в течение топки температуры на 75% произошло через 24ч50мин.

На рис. 14. показан сводный график изменения средневзвешенной температуры печей.

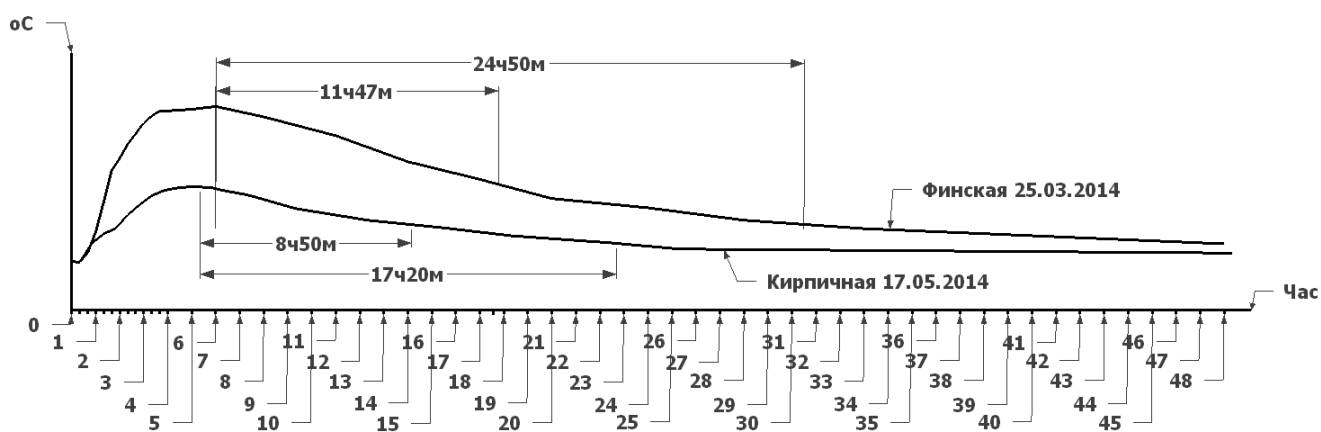


Рис. 14. Сводный график изменения средневзвешенной температуры печей.

Из графиков, приведенных к одной начальной точке видно, что печь NunnaUuni имеет более высокий прирост средневзвешенной поверхностной температуры. Снижение температуры происходит медленнее, чем у печи КАМИ (11ч.47мин против 8ч.50мин).

Более высокая средневзвешенная температура поверхности печи NunnaUuni объясняется тем, что площадь ее наружной поверхности меньше, чем у печи КАМИ (4,5 и 5,9 м² соответственно).

Как известно, тепловые свойства талькомагнезита зависят от направления распространения тепловой волны. Вдоль волокон теплопроводность талькомагнезита в шесть раз больше, чем теплопроводность красного керамического кирпича. Поперек волокон теплопроводности красного керамического кирпича и талькомагнезита приблизительно равны.

При распиловке на заводе NunnaUuni детали будущего камина изготавливаются так, чтобы волокна талькомагнезита внутренней оболочки (тепловоспринимающих поверхностей) лежали горизонтально и перпендикулярно стенке. Это способствует более эффективному отбору тепла из горячих дымовых газов и прохождению тепловой волны за время топки на более глубокое расстояние. Этот, более интенсивный теплообмен, позволяет делать теплообменную поверхность площадью меньше, чем в кирпичных печах.

В наружном слое талькомагнезита волокна расположены вертикально и параллельно боковым поверхностям печи. Это способствует более медленной отдаче тепла в окружающее пространство со скоростью, соизмеримой со скоростью теплоотдачи кирпичной стенки.

Таким образом, при одинаковом количестве усвоенной тепловой энергии мы имеем два "радиатора", с одинаковым коэффициентом теплоотдачи но с разной площадью. Это автоматически приводит к тому, что температура меньшего по площади "радиатора" выше.

Уникальные свойства талькомагнезита позволяют делать печи с тепловоспринимающей поверхностью меньшей, чем у сопоставимых по мощности кирпичных печей. Это приводит к уменьшению габаритов печи и снижению ее общей массы. Даже не смотря на то, что удельный вес талькомагнезита в 1,5 раза больше, чем у красного керамического кирпича и в 1,35 раз больше, чем у шамотного кирпича, масса печи NunnaUuni составляет 1670кг, а масса печи КАМИ – 2050кг.

4. Выводы и рекомендации

1. Сравнительные испытания печей показали, что обе печи равнозначны по эффективности.

2. Общий тепловой поток от печей практически одинаков. Тепло, выделенное из 17,5кг дров в обоих случаях переходит из печи в помещение за двое суток.

3. Преимущества печи NunnaUuni:

- меньшие габариты при одинаковой мощности;
- масса печи меньше.

4. Преимущества печи КАМИ:

- стоимость материалов значительно меньше;
- печь дает более «мягкое», комфортное тепло.