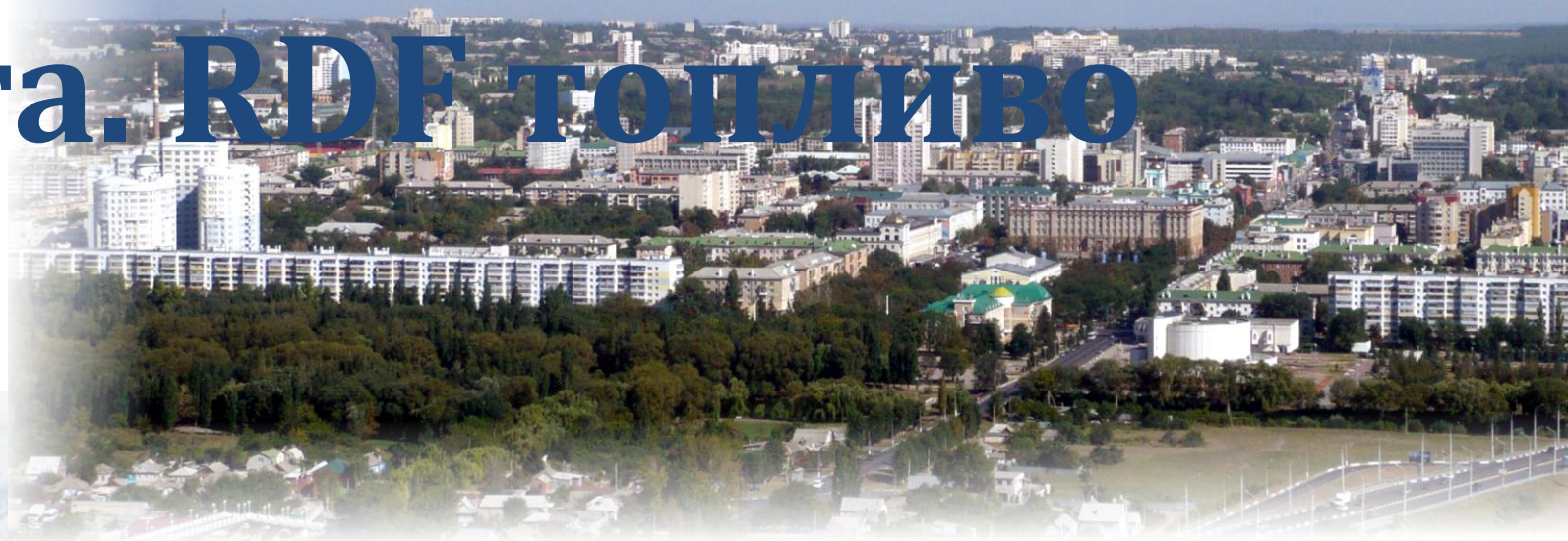


Энергетический баланс объекта. RDF топливо



Трубаев Павел Алексеевич

д-р техн. наук

Профессор энергетического факультета БГТУ им. В.Г. Шухова

Генеральный директор ООО «Энергоэффективность и энергосбережение»

Член экспертного комитета СРО-Э-7 «Гильдия энергоаудиторов»,

Свидетельство эксперта № 07-03919 ФГБНУ НИИ РКЦЭ



СТРУКТУРА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ



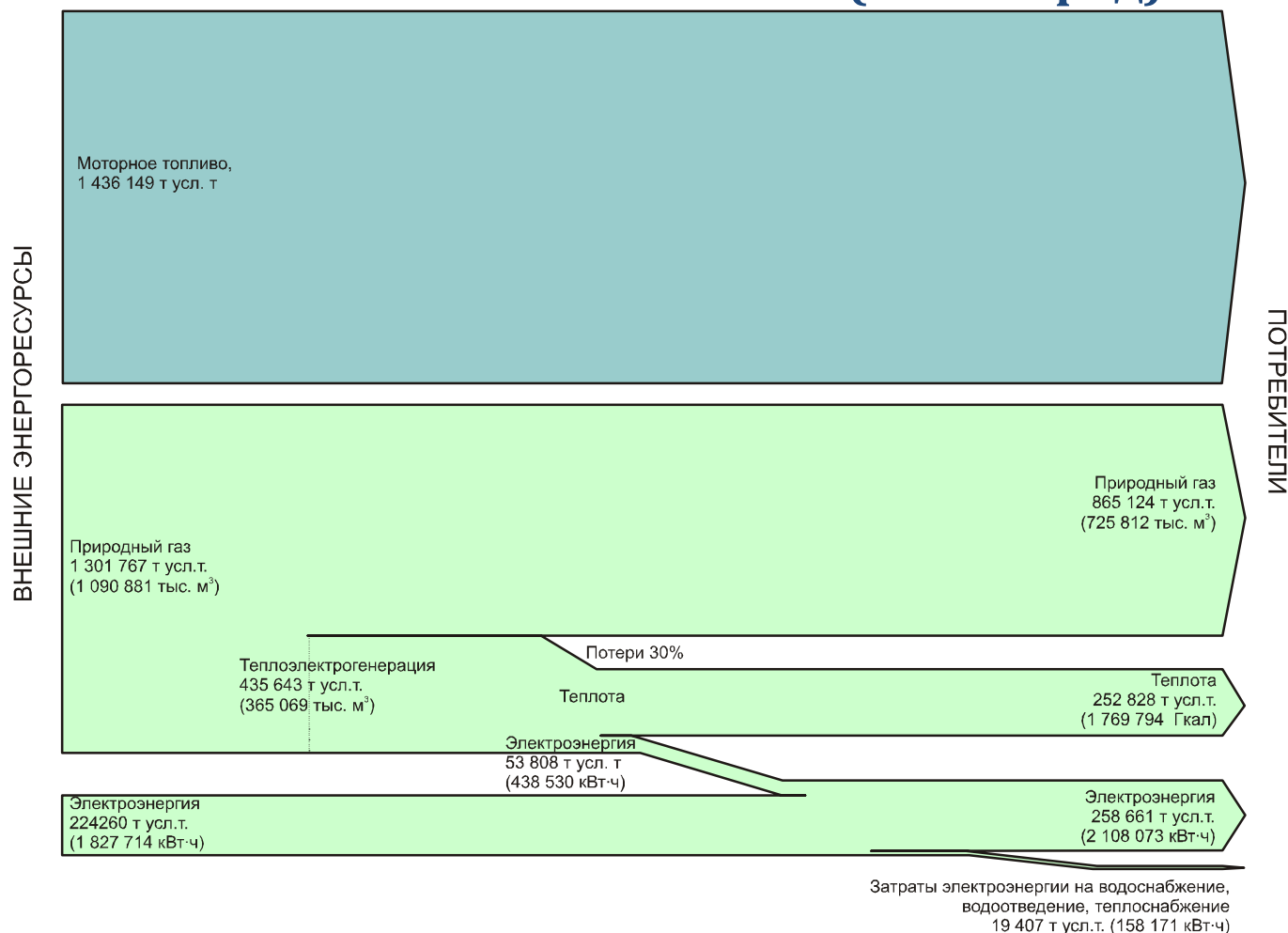
Структура энергопотребления в условном топливе

Электроэнергия		
12%	18%	20%
Тепловая энергия (отопление, ГВС, пар)		
88%	82%	80%



СТРУКТУРА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

(г. Белгород)



**Стоимость энергии,
эквивалентной 1 т.у.т.**

**Электроэнергия
(8130 кВт·ч)
26 000 ... 32 500 руб.**

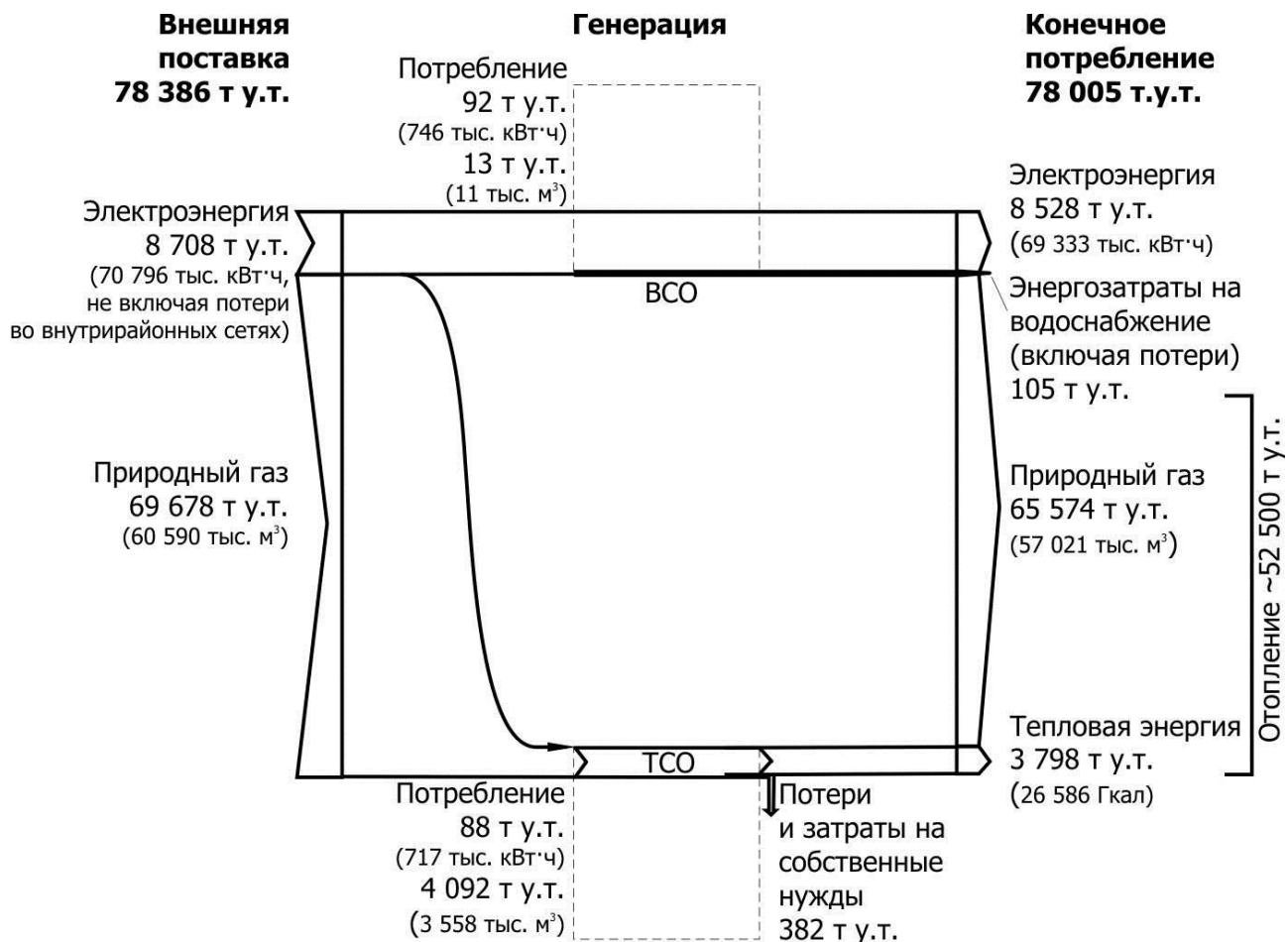
**Природный газ (885 м³)
5 000 руб.**

**Тепловая энергия (7 Гкал)
8 400 ... 15 400 руб.**

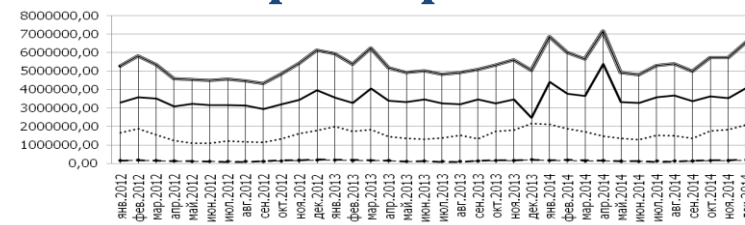
**Каменный уголь (1,7 т)
6 800 11 900 руб.**



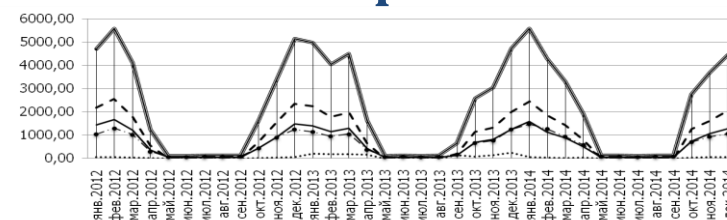
СТРУКТУРА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ (Грайворонский район)



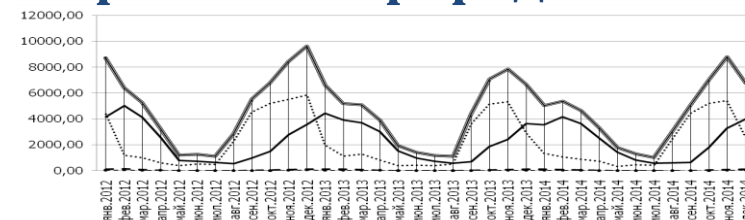
Электропотребление



Теплопотребление



Потребление природного газа





ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ТИПОВОЙ ТЭС



1 т.у.т. = 2 600...3200 кВт·ч + 2,5...2,8 Гкал



УКРУПНЕННАЯ СТРУКТУРА СЕБЕСТОИМОСТИ ТЕПЛОТЫ

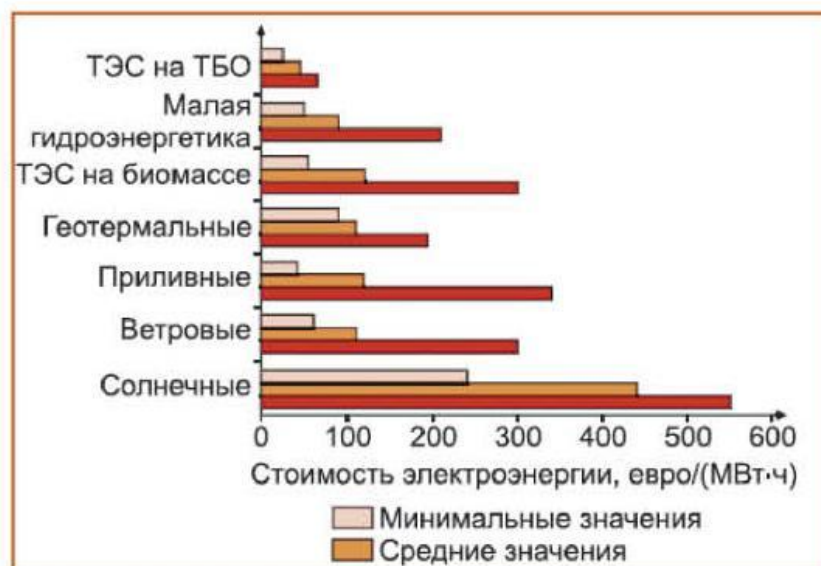
в индивидуальных котельных и ТЭЦ небольшой мощности

Статьи	Тепловая энергия, руб/Гкал			Электроэнергия, руб/кВт·ч	
	Газовая котельная		Котельная на древес- ных отходах	Газовая ТЭЦ	ТЭЦ на древесных отходах
	Без диспет- черизации	С системой диспет- черизации			
Энергоресурсы					
Топливо	715,8	715,8	261,0	1,50	0,55
Электроэнергия на производственные нужды	70,4	70,4	98,1	-	-
Прямые затраты					
Затраты на оплату труда ОПП с ЕСН	804,1	114,5	617,1	0,60	0,74
Ремонт	28,2	28,2	804,1	0,40	1,00
Общехозяйственные расходы					
Служба диспетчеризации	-	126,5	-	-	-
Прочее	358,1	358,1	80,5	0,40	0,40
Итого без капи- тальных затрат	1976,6	1413,5	1243,6	2,90	2,69
Амортизационные отчисления	518,1	518,1	317,3	0,60	0,93
ИТОГО	2494,7	1931,6	1560,9	3,50	3,62



МЕТОДЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТБО

Методы переработки			Получаемые продукты	
Утилизация отходов	Сжигание	Слоевое	Тепловая энергия, электроэнергия	
		Пылевидное (в кипящем или взвешеном слое)		
	Термическое разложение	Газофикация	Синтез-газ, свалочный газ, твердое топливо, жидкое топливо	Тепловая энергия, электро- энергия
		Пиролиз		
	Биоразложение	Биогазовые станции		
		Естественное брожение		



Общая себестоимость получения электроэнергии на электростанциях различных типов на основе возобновляемых источников энергии (обобщённые данные [1] и [2]).



СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ ТБО

В настоящее время не существует идеального решения для устранения ТБО, которое позволило бы экономически эффективно и в максимальном объеме утилизировать вторичное сырье или энергию без образования производственных отходов, выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов сточных вод.

СКЛАДИРОВАНИЕ ТБО НА ПОЛИГОНАХ

Преимущества	Недостатки
1. Экономическая целесообразность. 2. Техническая простота организации.	1. Не обеспечивает бактериологическую и эпидемиологическую безопасность. 2. Вывод из оборота территорий большой площади. 3. Образованию диоксинов при самовозгорании. 4. Выделение метана и парниковых газов.

СЖИГАНИЕ ТБО

Преимущества	Недостатки
1. Полное обеззараживание бытовых отходов. 2. Уменьшение объема отходов в 10-20 раз, а массы – в 3-4 раза. 3. Сокращение содержащихся в отходах загрязняющих веществ. 4. Производство инертных остатков отходов, экологически безопасное складирование на полигонах. 5. Использование содержащейся в отходах энергии.	1. Выбросы в атмосферу диоксинов и полиароматических углеводородов. 2. Горение требует применения дополнительного топлива.



СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ТБО

(Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения, перспективы. – С.Пб.: НП РЭП, 2004. – 73 с.)

Страна	Общий объем отходов	Охват насе- ления	Втори- чная пере- работка	Компости рование	Сжигание с получением энергии	Сжигание, всего	Захоронение на полигонах	Другое
Австрия	3 096	100%	34%	15%	15%	15%	29%	7%
Бельгия	5 473	100%	22%	16%	23%	27%	32%	...
Чешская рес- публика	3 434	100%	...	...	...	...	...	0%
Дания	3 546	100%	22%	16%	52%	52%	10%	...
Финляндия	2 400	100%	...	...	8%	8%	60%	...
Франция	30 744	100%	10%	8%	28%	33%	48%	...
Германия	44 094	100%	34%	7%	0%	21%	37%	1%
Греция	3 900	85%	8%	0%	...	...	91%	...
Венгрия	4 084	85,1%	...	...	9%	9%	91%	...
Исландия	192	99%	9%	2%	3%	9%	81%	...
Ирландия	2 302	...	8%	1%	...	...	91%	...
Италия	27 425	100%	7%	9%	4%	6%	78%	...
Люксембург	227	100%	0%	15%	59%	59%	26%	...
Нидерланды	9 691	100%	23%	24%	41%	41%	13%	...
Норвегия	2 755	99%	22%	9%	15%	15%	55%	...
Польша	12 226	...	0%	2%	...	...	98%	...
Португалия	4 531	96%	6%	6%	21%	21%	67%	...
Словакия	1 706	96%	2%	5%	12%	12%	62%	19%
Испания	18 377	...	5%	18%	5%	6%	72%	...
Швеция	4 000	100%	25%	8%	35%	35%	33%	...
Швейцария	4 681	99%	32%	14%	48%	48%	6%	...
Великобритания	33 200	...	9%	2%	8%	8%	81%	0%
Россия	26 000	73%	...	1%	...	4%	95%	...
Всего	248 084	...	13%	8%	11%	16%	61%	1%



Соотношение способов
переработки бытовых отходов
в США

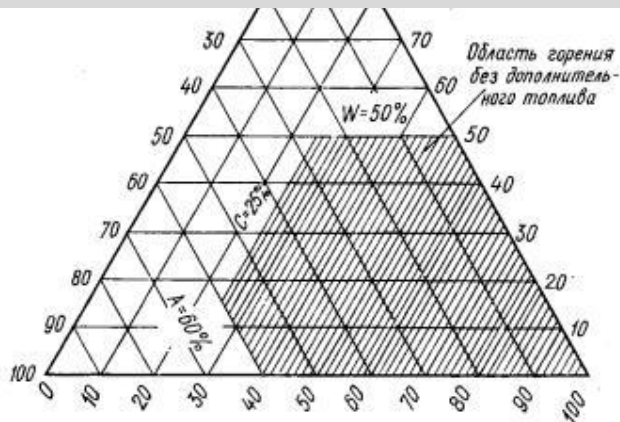


СОСТАВ РАЗЛИЧНЫХ ТОПЛИВ

Состав компонентов ТБО

Компоненты ТБО	Массовый состав, %							Выход летучих в % на горючую массу	Q _н , МДж/кг
	СР	НР	ОР	НР	СП	АР	ШР		
Бумага	27,7	3,7	28,3	0,16	0,14	15	25	79	9,49
Пищевые отходы	12,6	1,8	8	0,95	0,15	4,5	72	65,2	3,43
Текстиль	39,4	4,9	23,2	3,4	1,1	8	20	84	15,72
Древесина	40,5	4,8	33,8	0,1	—	0,8	20	67,9	14,46
Кожа, резина	65	5	12,6	0,2	0,6	11,6	5	49	25,8
Пластмасса	55,1	7,6	17,5	0,9	0,3	10,6	8	89	24,37
Отсев	13,9	1,9	14,1	—	0,1	50	20	54	4,6
Зола, шлак	25,2	0,45	0,7	—	0,45	63,2	10	2,7	8,65
Прочие отходы	47	5,3	27,7	0,1	0,2	11,7	8	60,2	18,14
Стекло, камни, металл	—	—	—	—	—	100	—	—	—

Область теоретически устойчивого
горения ТБО разного состава без до-
полнительного топлива



Показатель	Ед. изм.	RDF - топливо	Древесина	Бурый уголь	Каменный уголь
Влажность W _р	%	7,0...25,5	5...30	20...30	до 12%
Зольность A _р	%	14,0...17,3	1	10...25	до 30%
Выход летучих	%	64,2...78,0	68	45...65	до 32%
Низшая теплота сгорания	ккал/кг	3800...4850	3500	5250...7400	5500...8000
	МДж/кг	15,9...20,3	14,5	22...31	23...33,5
Общий углерод С	%	46,0±1,0	40,5	60...75	75...95
Общий водород Н	%	6,3±0,3	5	6	4...6
Азот N	%	0,27±0,01	0,1	0...2	до 2,7%
Общая сера S	%	8,30±0,03	—	0,5...3	0,7...4
Хлор Cl	%	0,80±0,02	—	—	—
Кислород	%	39,0±1,5	34	17...34	16



ПРОЕКТЫ ПО ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТБО

Исполнитель	 ЭкоМашГрупп (РФ) ecomg.ru	 Ramboll Group A/S (Дания) ramboll.dk			 Oschatz GmbH (Германия) oschatz.com	 Splainex (Голландия) splainex.com	 ООО "Уральская энергетика" (РФ) urgk.ru	
Местоположен ие проекта	Комплекс EcoMachine AMR-100, Тверь	Мусоро- сжигател ьный завод в Роскиль- де, Дания	Мусоро- сжигате льный завод в Брешии, Италия	Мусоро- сжигатель- ный завод в Абу Даби, ОАЭ	Установка для сжигания альтернативных видов топлив в Улан – Удэ, Россия	Пиролизная установка для производства тепла и электроэнергии, проект	Контейнерная паровая электростанция на базе малых паровых турбин PARSONS (проект)	
Год Пуска	2009	2002	2004	2009	2012	-	-	-
Мощность: по э/э по теплоте	100 кВт 90 МКал	20 МВт 60 МВт	70 МВт 85 МВт	100 МВт -	1 МВт 25 МВт	-	500 кВт -	200 кВт 230 кВт
Производитель ность	До 200 кг/ч	200 000 т/год	236 т/ч	1 000 000 т/год	7,281 т/ч	-	-	870 кг/час
Способ сжигания	-	Слоеое сжигание	Слоеое сжигани е	Сжигание на колос- никовых решетках	Система колосниковой решетки	-	Топка КСОМОД (слоевой способ)	
Параметры пара	-	5 МПа, 425°C		Пар высокого давления	48,6 т/ч	-	4,5 т /ч	-
Объем инвестиций	-	€175 миллион ов	€175 миллио нов	€200 миллионов	-	-	19 млн. руб.	18 млн руб.



ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИ СЖИГАНИИ RDF-ТОПЛИВА

Таблица. Концентрация некоторых
компонентов в неочищенных газообразных
продуктах сгорания ТБО
(при нормальных условиях).

Вещество	Типичные концентрации на зарубежных заводах, мг/м ³	МСЗ № 2, мг/м ³
Пыль	1000-5000	1200
HCl	50-1000	120
HF	10-50	7
SO ₂	50-400	120
NO	50-400	210
CO	не более 30	30

Твёрдые остатки:

- **шлак**, выгружаемый из топочного устройства (до 90% при слоевом сжигании и 70-80% для топках с ВКС)
- **зола-унос** (1030 кг/т ТБО при сжигании на КР и до 80 кг/т ТБО – при сжигании в ВКС)
- **продукты газоочистки** – смесь твёрдых продуктов реакций, остатков реагентов и мелкофракционной остаточной золы-уноса (25-35 кг/т ТБО)

Газообразные выбросы:

Наименование	ПДК (мг/сс/рз), мг/м ³	Класс опасн.	Вредное воздействие на человека
Углерода оксид CO	5 / 3 / 20	4	Головная боль, эмоциональная неустойчивость, ухудшаются внимание и память. Возможны органические поражения нервной системы, сосудистые спазмы.
Азота диоксид NO ₂ (NO)	0,2 / 0,04 / 2 (0,4 / 0,06 / 5)	4	Острый раздражитель, канцероген. Значительные количества NO возбуждающе действуют на нервную систему
Аммиак NH ₃	0,2 / 0,04 / 20	4	Поражает глаза и дыхательные пути. Вызывает сильный кашель, удушье, при высокой концентрации паров - возбуждение, бред. При высоких концентрациях смертельный исход
Меркаптан R-SH	0,007 / – / 1	3	Раздражает глаза, кожу и дыхательные пути, вызывает отек легких, действует на центральную нервную систему, приводя к дыхательной недостаточности
Сероводород H ₂ S	0,008 / – / 3	3	Раздражает глаза, кожу и дыхательные пути, вызывает отек легких, действует на центральную нервную систему, вызывая потерю сознания
Фенол	0,007 / – / 0,03	3	Нарушение дыхательных функций, ЦНС. При хронических отравлениях - нарушение функций печени и почек
Диоксины и фураны	0,5 / – / –	1	Канцероген. Высокая биологическая активность. Накапливаются в почве.



ПРАКТИКА СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ НА «ТК ЭКОТРАНС»

Пиролизный котел «Буржуй»



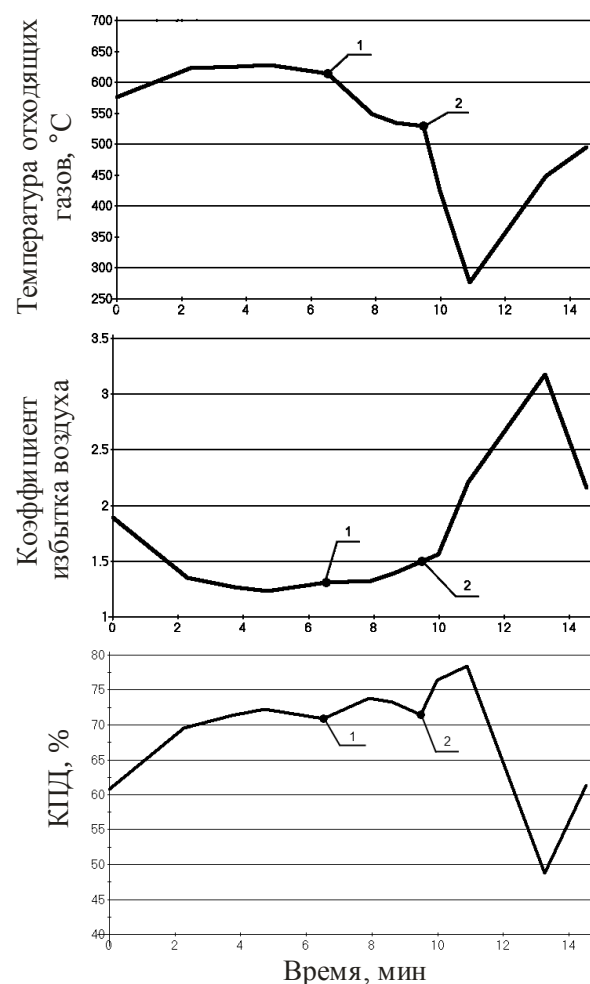
Паспортные данные котла:

Тепловая мощность 100 кВт
Площадь отапливаемого помещения
(при высоте потолка 3м) 900 м²
КПД 80-90%
Рабочая температура 90 °С
Рабочее давление 2-3 бар
Объем топки 0,65 м³
Вес котла 950 кг
Расход топлива 0,36 м³/сут.



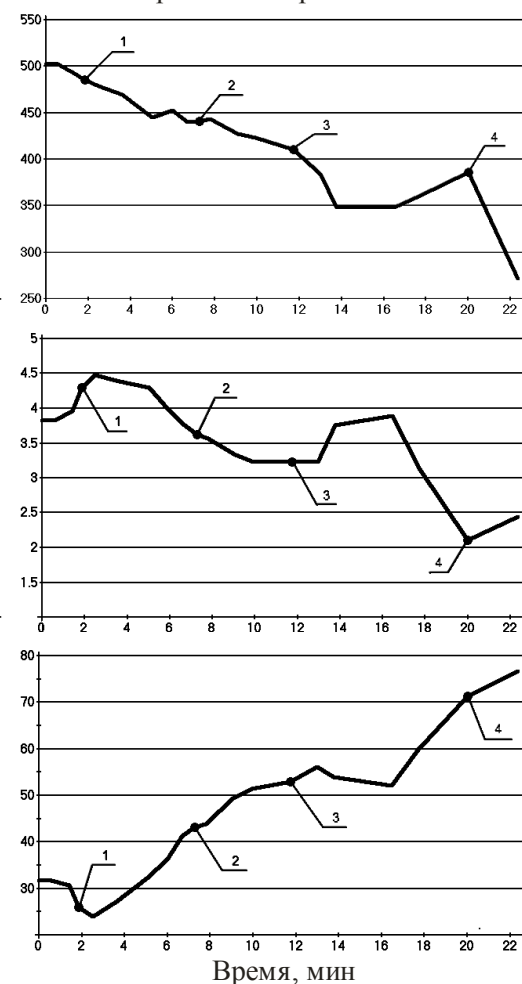
а) серия 1:

- 1 – закрытие шиберов;
2 – закладка брикетов



б) серия 2:

- 1 – перекрытие окна на 50%; 2 – полное
открытие окна; 3 – закладка брикетов;
4 – закрытие шиберов и заслонки





ПРАКТИКА СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ НА «ТК ЭКОТРИАС»

Пиролизный котел «Буржуй». Концентрации вредных веществ, мг/м³

Топливо	NO ₂	NO	CO	CH ₄	Фенол	Бензол	SO ₂	Формальдегид	HCl
Результаты измерений проб, взятых в газоходе за котлом									
Шпалы	12,2	11,4	123	237	<0,0015	99,1	6,44	1,97	0,472
Древесина (сосна)	0,5	0,5	204	203	0,786	<2,5	<0,025	<0,0015	1,73
Отходы древесины (окна, двери, мебель)	8,9	53,6	267	2328	12	166	4,71	14,6	0,326
Древесные гранулы	11,6	13,6	267	1095	0,777	<2,5	<0,025	0,898	1,6
RDF-топливо	0,9	6,6	94,1	1686	0,063	29,7	<0,025	7,88	0,151
Смесь древесных гранул и RDF-топлива	8,6	57,3	267	1164	<0,0015	65,3	<0,025	9,1	0,874
Расчётная приземная концентрация									
Шпалы	0,0001	0,0001	0,001	0,002	<0,013·10 ⁻⁶	0,0009	57,4·10 ⁻⁶	17,6·10 ⁻⁶	4,2·10 ⁻⁶
Древесина (сосна)	4,5·10 ⁻⁶	4,5·10 ⁻⁶	0,002	0,002	7·10 ⁻⁶	<22,3·10 ⁻⁶	<0,223·10 ⁻⁶	<0,013·10 ⁻⁶	1,54·10 ⁻⁶
Отходы древесины (окна, двери, мебель)	79,4·10 ⁻⁶	0,0005	0,002	0,021	0,0001	0,0015	42·10 ⁻⁶	130,2·10 ⁻⁶	2,9·10 ⁻⁶
Древесные гранулы	0,0001	0,0001	0,002	0,010	6,9·10 ⁻⁶	<22,3·10 ⁻⁶	<0,223·10 ⁻⁶	8·10 ⁻⁶	1,43·10 ⁻⁶
RDF-топливо	8·10 ⁻⁶	58,9·10 ⁻⁶	0,001	0,015	0,6·10 ⁻⁶	0,0003	<0,223·10 ⁻⁶	70,3·10 ⁻⁶	1,3·10 ⁻⁶
Смесь древесных гранул и RDF-топлива	76,7·10 ⁻⁶	0,0005	0,002	0,010	<0,013·10 ⁻⁶	0,0006	<0,223·10 ⁻⁶	81,2·10 ⁻⁶	7,8·10 ⁻⁶
Предельно-допустимые концентрации (ГН 2.1.6.1338-03, ГН 2.2.5.686-98)									
В атмосферном воздухе: максимально разовая среднесуточная	0,085 0,04	0,4 0,06	5 3		0,01 0,003	0,3 0,1	0,5 0,05	0,035 0,003	–
В воздухе производственных помещений	2	5	20	7000	0,1	15(5)	10	0,5	5



ПРАКТИКА СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ НА «ТК ЭКОТРИАС»

Водогрейный котел с колосниковой решеткой

Дата	Режим работы котла	Температура уходящих газов	Расчетная приземная концентрация, мг/м ³					
			Углерода оксид СО	Азота диоксид NO ₂	Аммиак	Меркаптан	Сероводород H ₂ S	Фенол
04.04.16	50% ТБО, 50% древесины, без вентилятора	366	0,0422	0,001185	0,018019	0,001185	0,000211	0,000231
		284	0,0789	0,001632	0,015452	0,001513	0,000157	0,000215
	50% ТБО, 50% древесины, с вентилятором	350	0,0894	0,000684	0,015839	0,000884	0,000114	0,000118
		233	0,1737	0,001463	0,0	0,001168	0,000079	0,000055
29.03.16	50% ТБО, 50% древесины, без вентилятора	303	0,0462	0,001160	0,0	0,001650	0,000069	0,000075
		246	0,1275	0,001657	0,012338	0,002280	0,000084	0,000054
	30% ТБО, 70% древесины, с вентилятором	409	0,0185	0,001357	0,003311	0,0	0,000096	0,0
		320	0,0485	0,003805	0,005407	0,0	0,000241	0,0
	30% ТБО, 70% древесины, без вентилятора	267	0,1389	0,006434	0,006749	0,000391	0,000172	0,0000058



50% ТБО и 50% древесины, без дутьевого вентилятора, 04.04.2016 г.

