

«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна».

«Высшая школа технологии и энергетики»

***СОВМЕСТНАЯ ПЕРЕРАБОТКА В ТОПЛИВНЫЕ БРИКЕТЫ
ТВЕРДЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И
ОТХОДОВ КАРТОННО-БУМАЖНОЙ МАКУЛАТУРЫ,
СОДЕРЖАЩИХ ЦЕЛЛЮЛОЗУ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ
ПОЛИМЕРЫ***

Рыжиков В.А., Аким Э.Л., Ерохина О.А., Пекарец А.А.

Актуальность проблемы

- Объем потребления **бумаги и картона** в мире составляет свыше 430 млн. тонн в год;
- Использование **вторичных волокон** (макулатуры) уже свыше 15 лет в мире превышает использование первичного волокна, а кратность повторного использования вторичного волокна составляет 7-8 раз;
- Объем производства **синтетических полимеров в мире** – около 400 млн. тонн в год с менее **10% их повторного использования**;
- В мире производится и используется **более 100 млн. тонн в год текстильных волокон и изделий**, вторичное использование которых еще меньше, чем у синтетических полимеров.

Жизненный цикл отходов

1)



2)



Предложенное решение проблемы

Нами разрабатывается технология утилизации смешанных отходов, содержащих целлюлозу и синтетические полимеры в качестве компонентов топливных брикетов сверхвысокой плотности 1300-1320 кг/м³, получаемых по инновационной технологии, с их последующим сжиганием.



Особенность технологии

Впервые была показана возможность создания топливных брикетов путем совместной утилизации твёрдых древесных отходов и отходов сортировки картонно-бумажной макулатуры, содержащих синтетические полимеры.

Также, была установлена возможность реализации в процессе экструзии **термовлагопластичности** полимерных компонентов древесины и **термопластичности** синтетических полимеров. Этот фактор влечет за собой улучшение формирования топливного брикета.

Исходное сырье

Отходы сортирования макулатуры и их состав.

Состав отхода:

N	Название компонента	Ci [мг/кг]	Wi [мг/кг]	Ki
1.	Полиэтен (Полиэтилен)	38700.000	208520.58600	0.18559
2.	Вода (в соответствии с п.11 Приказа МПРиЭ России №536 от 04.12.2014г.)	197800.000	1000000.00000 0	0.19780
3.	Бумага, картон (в соответствии с п.11 Приказа №536 от 04.12.2014г. МПР России)	723400.000	1000000.00000 0	0.72340
4.	Кремний диоксид (в соответствии с п.11 приказа МПРиЭ России №536 от 04.12.2014г.)	10600.000	1000000.00000 0	0.01060
5.	Полипропилен	29500.000	129154.96700	0.22841
	ИТОГО:	1000000.000		1.34580

Состав отхода определен полностью.

Примечание:

1. C_i - концентрация i -го компонента в отходе.
2. W_i - коэффициент степени опасности i -го компонента опасного отхода для ОПС.
3. $K_i = C_i/W_i$ - показатель степени опасности i -го компонента опасного отхода для ОПС.
4. Информация о свойствах компонентов отходов относится к исходным данным пользователя. Ответственность за их полноту и актуальность несет пользователь программы.



Древесная мука

Химический состав древесной муки опилок лиственницы

Параметр	Единица измерения	Значение
Низшая теплота сгорания	МДж/кг	10,3
Влажность	%	10
Зольность	%	0,2
Углерод	%	47
Водород	%	3,6
Азот	%	0,2
Кислород	%	39

Формирование топливного брикета

Пресс-форма



Instron1121



Результаты эксперимента

Плотность брикетов при различных композициях сырья

Вид образца	Температура пресс-формы в процессе прессования, °С	Относительная влажность образца, %	Плотность полученного брикета, кг/м ³
100 % отходов сортирования макулатуры	78 ± 2	$10,7 \pm 0,1$	1380
50 % / 50 % Отходы сортирования макулатуры + древесная мука опилок лиственницы	78 ± 2	$10,7 \pm 0,1$	1180
100 % древесной муки опилок лиственницы	78 ± 2	$10,7 \pm 0,1$	1080

Определение теплотворной способности топлива

Теплотворная способность топливного брикета в соотношении отходов сортирования макулатуры и древесной муки опилок лиственницы 50/50%

№	Масса проволоки, кг · 10 ⁶	Масса топлива, кг · 10 ⁵	Темп.нач , °C	Темп.кон , °C	Q ^a _б , кДж/кг	Q ^r _с , кДж/кг	Q ^r _и , кДж/кг
1	53	91	2,5	3,9	19189	15564	13499
2	45	126	3,8	5,1	19796	16832	15757
3	50	116	0,4	1,9	18657	14114	12970
4	40	87	1,25	2,7	17115	14488	13803
5	46	61	2,1	3,2	18485	14322	13001
6	45	95	0,3	1,5	17208	14962	13888
7	47	52	0,4	1,45	20362	16884	15809
8	44	88	1,1	2,3	18777	15367	13557
9	53	76	2,0	2,9	17576	14602	13233
10	43	98	2,65	4,1	18747	15304	14099
11	41	78	3,25	4,15	17104	15897	14439

Определение теплотворной способности топлива

Среднее значение теплоты сгорания за 11 опытов = 14202 кДж/кг

Среднеквадратичная ошибка = 1261 кДж/кг

Правило двух сигм:

1) $14202 - 1261 \cdot 2 = 11680$ кДж/кг

2) $14202 + 1261 \cdot 2 = 16724$ кДж/кг

Правило трех сигм:

1) $14202 - 1261 \cdot 3 = 10419$ кДж/кг

2) $14202 + 1261 \cdot 3 = 17985$ кДж/кг

В пределах одного среднеквадратичного отклонения лежит 82% полученных значений.

В пределах двух среднеквадратичных отклонений лежит 100% полученных значений.

В пределах трех среднеквадратичных отклонений лежит 100 % полученных значений.

Химический состав топливного брикета

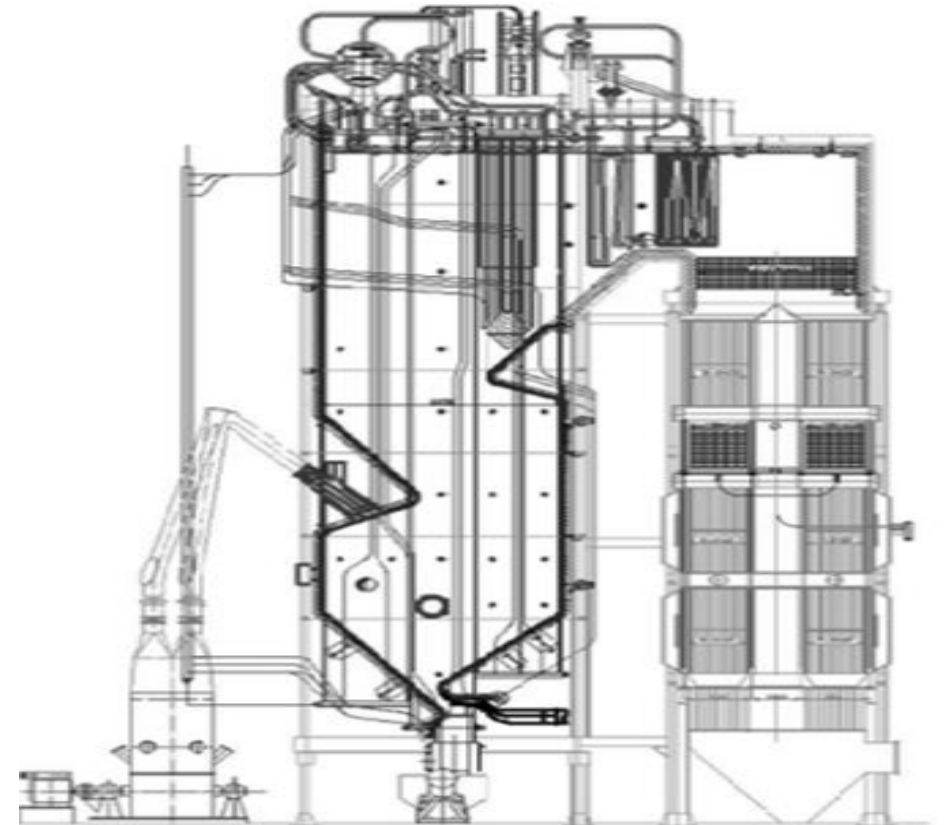
Химический состав комбинированного топливного брикета, состоящего из 50% древесной муки опилок лиственницы и 50% муки отходов сортирования

Параметр	Единица измерения	Значение
Низшая теплота сгорания	МДж/кг	14,2
Влажность	%	6
Зольность	%	2,9
Углерод	%	47
Водород	%	4,5
Азот	%	0,6
Кислород	%	39

Энергетическая установка

Котлоагрегат БКЗ-85-13 с низкотемпературной вихревой топкой В.В. Померанцева

Параметр	Размерность	Значения параметра	
		Каменный уголь	Мазут
Паропроизводительность	т/ч	100	100
Температура перегретого пара	°С	280	280
Давление перегретого пара	МПа	1,4	1,4
Температура питательной воды	°С	104	104
Расчетный КПД (брутто)	%.	89,65	93,6
Полный расход топлива	т/ч	12,05	6,86
Теплонапряжение топочного объема	МВт/м ³	0,136	0,134
Теплонапряжение сечения топки	МВт/м ²	2,86	2,82
Температура газов на выходе из топки	°С	980	1017
Температура уходящих газов	°С	115	119
Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель	°С	30	30
Температура горячего воздуха	°С	307	313
Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки	—	1,2	1,05
Массовая концентрация в дымовых газах (при нормальных условиях и $\alpha = 1,4$): NO _x	мг/нм ³	470	—
SO _x	мг/нм ³	1200	—



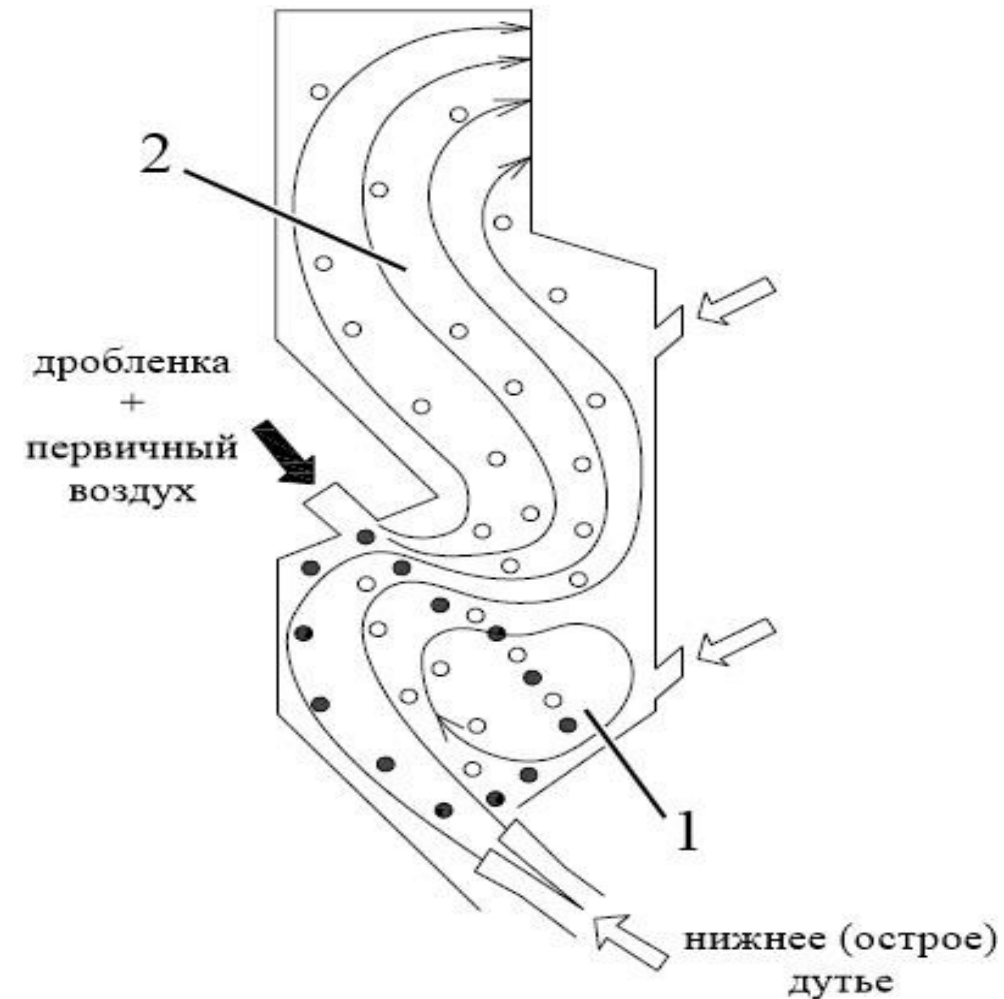
Сжигание брикета в котлоагрегате

Процесс сжигания топливного брикета в котлоагрегате БКЗ-85-13 состоит из нескольких этапов:

- Предварительная газификация (с недостатком кислорода) в предтопочном пространстве с целью получить высокореакционную газовзвесь, легковоспламеняющуюся и эффективно горящую в топке котлоагрегата;
- Многоступенчатое сжигание в низкотемпературной вихревой топке с добавлением продуктов газификации вместе со вторичным воздухом;
- Глубокое охлаждение дымовых газов.

Технология низкотемпературного сжигания

Аэродинамика вихревой зоны создается за счет взаимодействия двух организованных потоков: первый поток сформирован из топливно-воздушной смеси, поступающей в топку через горелки; второй поток состоит из горячего воздуха, подаваемого в топку через систему нижнего дутья с добавлением продуктов газификации. Потоки направлены навстречу друг другу и образуют пару сил, создающую вихревое движение в нижней части топки.



Заключение

Новая технология совместной переработки твердых древесных отходов и отходов предварительного сортирования макулатуры позволит снизить вред для экологии и повысить максимальную энергетическую и экономическую эффективность. Использование нового топлива и технологии его производства, а также, последующего сжигания в НТВ-топке даст возможность снизить нагрузку на полигоны с ныне не утилизируемыми отходами, использовать полученную энергию топлива на собственные нужды и упростит очистку дымовых газов, благодаря использованию технологии низкотемпературного вихревого сжигания.