



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

«Высшая школа технологии и энергетики»

V Международная научно-технической конференция молодых учёных и специалистов ЦБП
«Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и
перспективные решения»



***НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ
СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ В ТОПЛИВНЫЕ БРИКЕТЫ
ТВЕРДЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И
ОТХОДОВ КАРТОННО-БУМАЖНОЙ МАКУЛАТУРЫ,
СОДЕРЖАЩИХ 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.

Смешанные отходы бумаги, картона и синтетических полимеров

Нанесение покрытий из синтетических полимеров на бумагу и картон является основным методом получения упаковки для жидких и пастообразных продуктов и одноразовой посуды. При этом возникают проблемы как переработки выброшенных изделий, так и переработки брака и обрезков.



Жизненный цикл отходов

1)



2)



Окна возможностей

Окно возможностей – представляет собой период времени, в течение которого можно предпринять определенные действия, которые приведут к желаемому результату. Как только этот период закончится или «окно закроется», указанный результат больше невозможен.

Недавно была предложена концепция **«зеленых» окон возможностей** для определения новой технико-экономической парадигмы догоняющего развития, связанной, в частности, с появлением «зеленых технологий»

В отличие от секторов, которые в основном рассматриваются в исследованиях, посвященных догоняющему развитию, таких как автомобилестроение, электроника и металлургия, **«зеленые» технологии** имеют большую степень направленности, поскольку их развитие определяется политикой, направленной на решение экологических проблем, таких как изменение климата. И в развитии данного вопроса не малую роль играет сотрудничество между университетами и промышленностью

Одним из основных направлений, входящих в зеленое окно возможностей, как раз - является переработка промышленных отходов, в частности отходов картонно-бумажной макулатуры, в состав которой входят синтетические полимеры

Предложенное решение проблемы

Нами разрабатывается технология утилизации смешанных отходов, содержащих целлюлозу и синтетические полимеры в качестве компонентов топливных брикетов, получаемых по инновационной технологии, с их последующим сжиганием.



Особенность технологии

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

Также, была установлена возможность реализации, в процессе экструзии, **термо-влагопластичности** 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	1000000.0000 0	0.19780
3.	Бумага, картон (в соответствии с п.11 Приказа №536 от 04.12.2014г. МПР России)	723400.000	1000000.0000 0	0.72340
4.	Кремний диоксид (в соответствии с п.11 приказа МПРиЭ России №536 от 04.12.2014г.)	10600.000	1000000.0000 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.



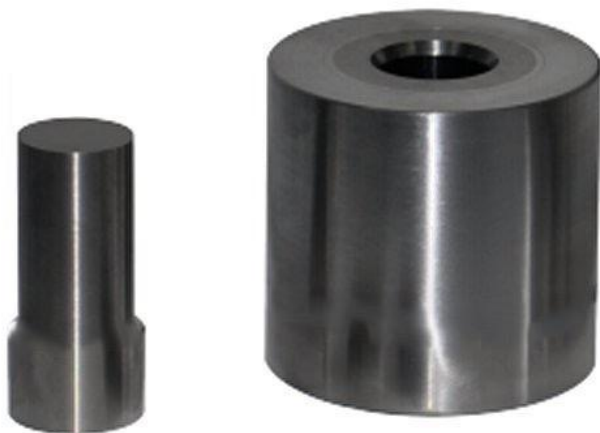
Древесная мука

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 и прочность полученного брикета при различных композициях сырья

$W = 7,3\%$ – исходная влажность сырья;

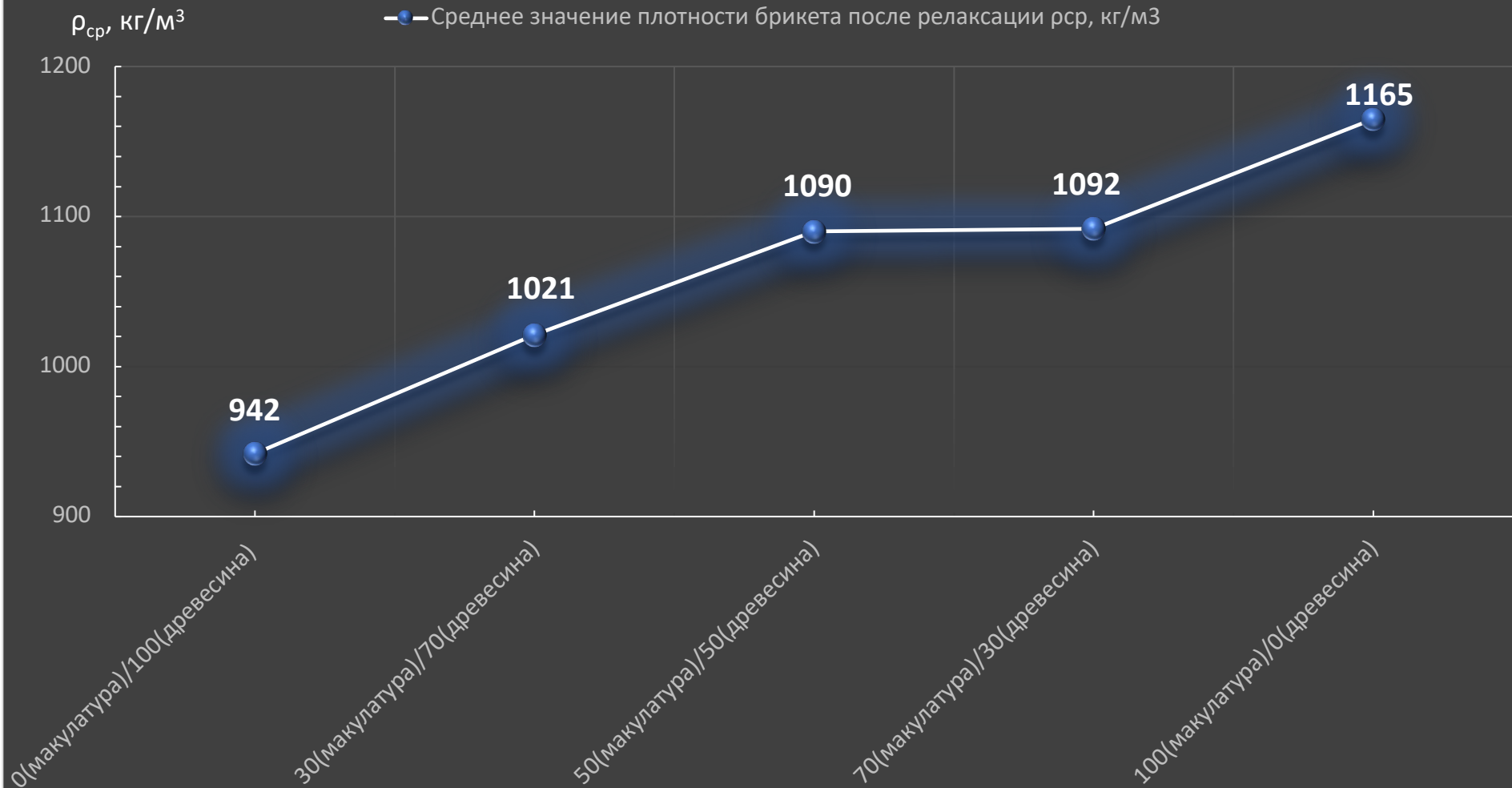
$t_{\text{ср}} = 80 \pm 2^\circ\text{C}$ – средняя температура при формировании брикета;

$H = 26 \text{ МПа}$ – сила давления (нагрузка) Инстрона в процессе прессования.

Композиция сырья, %	Среднее значение влажности полученного брикета после релаксации W , %	Высота брикета после релаксации, мм	Диаметр брикета после релаксации, мм	Среднее значение плотности брикета после релаксации $\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³	Коэффициент сжатия $k_{\text{сж}}$	Прочность на сжатие $\sigma_{\text{сж}}$, МПа
0(макулатура)/100(древесина)	4,93	12,45	14,4	942	3,6	2,79
30(макулатура)/70(древесина)	4,5	11,15	14,45	1021	-	-
50(макулатура)/50(древесина)	4,2	10,54	14,5	1090	2,76	7
70(макулатура)/30(древесина)	4	9,85	14,2	1092	-	-
100(макулатура)/0(древесина)	2,95	9,2	14	1165	2,3	13,83

График зависимости

Зависимость плотности брикета от композиции сырья при влажности 7,3%



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

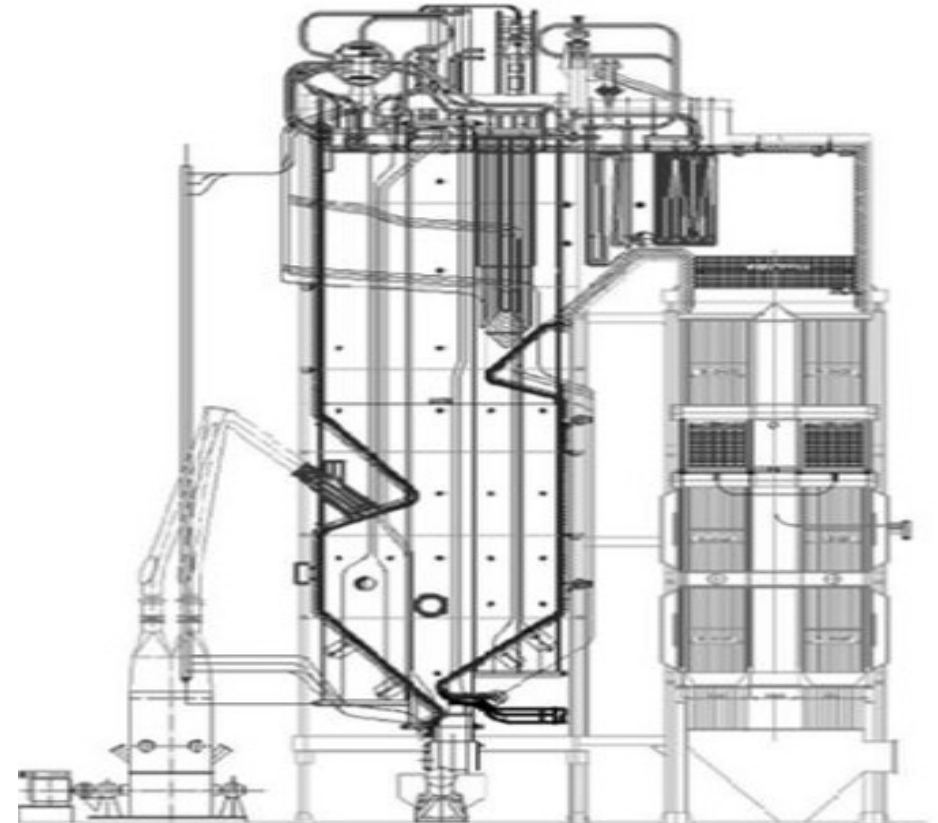
Химический состав комбинированного топливного брикета, состоящего из 50% древесной муки опилок лиственницы и 50% муки отходов сортирования

Параметр	Единица измерения	Значение
Низшая теплота сгорания	МДж/кг	14,2
Влажность	%	4,2
Зольность	%	2,9
Углерод	%	49
Водород	%	4,3
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	—



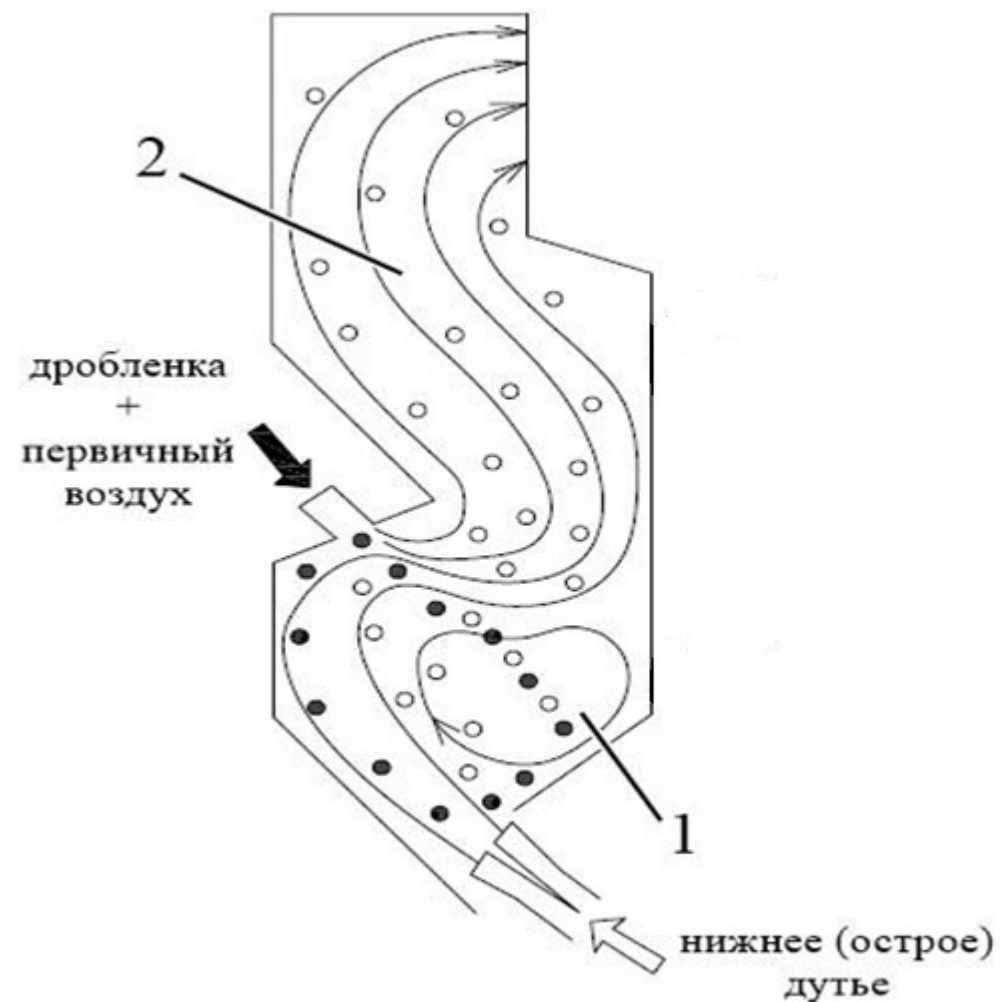
Сжигание брикета в котлоагрегате

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

В основу технологии низкотемпературного вихревого сжигания заложен принцип организации низкотемпературного сжигания твердого топлива в условиях многократной циркуляции частиц в камерной топке. В НТВ-топке организованы две зоны горения, которые разнесены по ее высоте: вихревая и прямоточная. Вихревая зона занимает объем нижней части топки от устья топочной воронки до горелок.



Заключение

Грамотное использование зеленых окон возможностей, к которому относится и данная технология совместной переработки твердых древесных отходов и отходов сортирования макулатуры, позволит снизить до минимума вред для экологической составляющей и повысить максимальную энергетическую и экономическую эффективность. Использование технологии низкотемпературного вихревого сжигания в сочетании с использованием нового топлива и технологии его производства даст возможность снизить нагрузку на полигоны с ныне не утилизируемыми отходами, использовать полученную энергию топлива на собственные нужды и упростит очистку дымовых газов.