

**Изготовление многокомпонентного
брикетированного топлива на основе
осадков сточных вод городских очистных
сооружений г. Гомеля и исследование
теплотехнических свойств брикетов**

Актуальность проведенных исследований

Запасы ископаемых видов топлива катастрофически снижаются в отличие от роста цен на них. Повсеместно наблюдаются неблагоприятные для последствия сжигания ископаемых видов топлива, что приводит к глобальным изменениям климата и загрязнению окружающей среды, связанное с добычей и транспортировкой невозобновляемых энергетических ресурсов.

Не менее важны непрогрессивные социальные последствия использования ископаемых видов топлива - приостановка социально-экономического развития

Огромной проблемой, требующей немедленного принятия решений, является экологически безопасное размещение осадков сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений канализации. Количество осадков, выделяющихся при очистке сточных вод на современных очистных сооружениях, составляет от 2 до 10% от расхода поступающих вод.

Из них используется в народном хозяйстве 4-5 % от всего объема, в основном же осадки складировуются и хранятся на территории очистных сооружений, что создает неблагоприятную экологическую ситуацию вблизи городской черты. Нельзя завершить процесс очистки сточных вод, не имея эффективного и экологически безопасного способа

Цели и задачи исследований

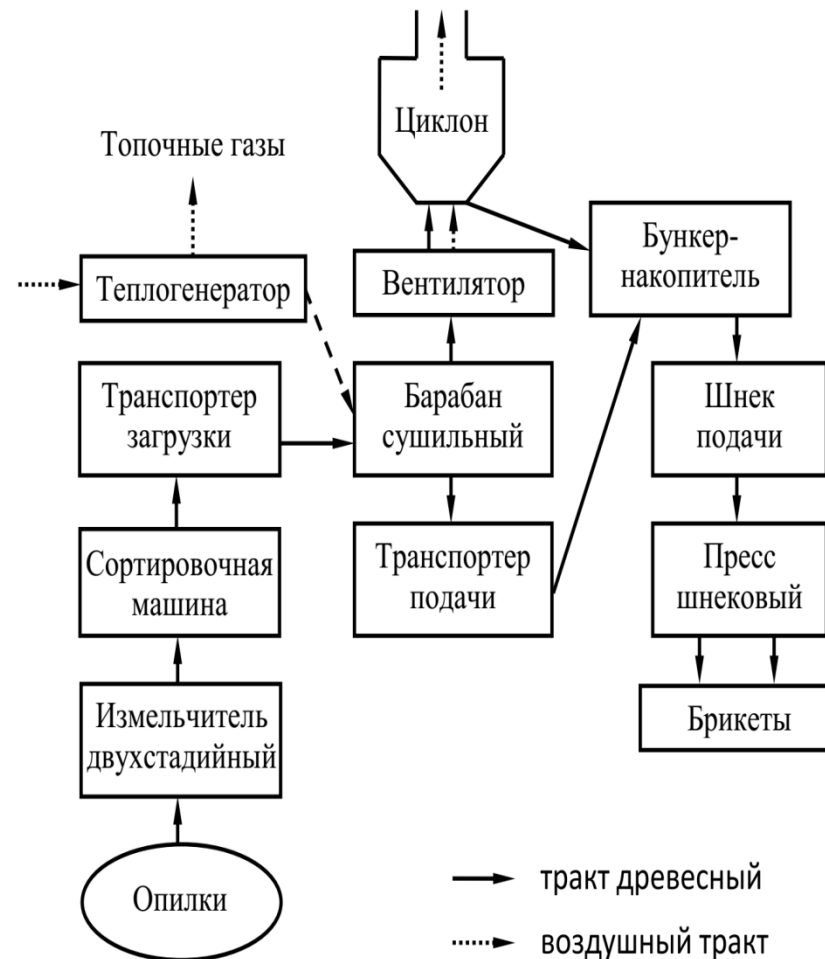


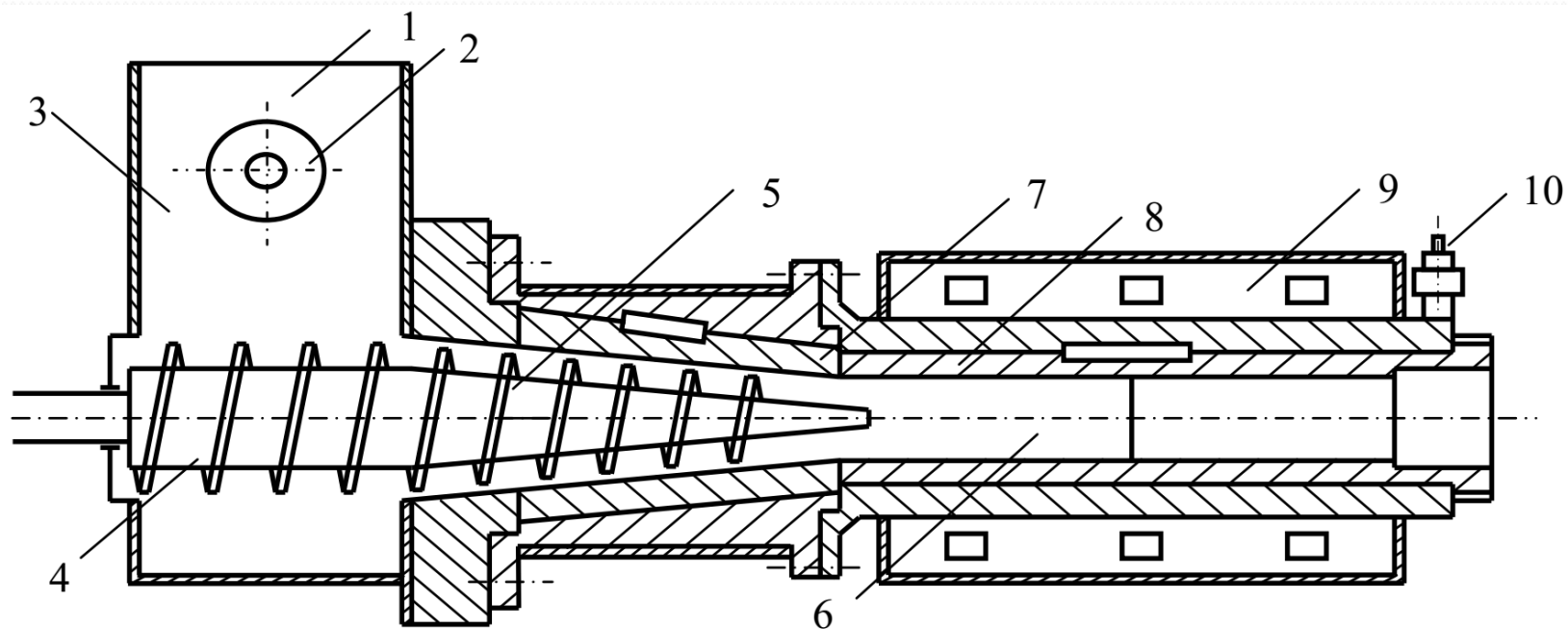
Механически обезвоженный осадок содержит 65-80 % воды. После термической сушки теплотворная способность может достигать 9 ..13 МДж/кг, что соответствует примерно половине теплоты сгорания каменного угля. Рассматриваемый способ утилизации ОСВ является одним из направлений по созданию альтернативного воспользуемого топлива.

Переработка 1 тонны ОСВ (в расчете на сухую массу) позволит получить: 500 кг условного топлива.

Добавление отходов производств, таких как нефтесодержащие шламы и лигнин, позволяет увеличить полноту сгорания, что в свою очередь приводит к снижению содержания вредных веществ в отходящих газах. После сжигания остается зола, которая может использоваться при производстве строительных материалов (керамзит, цемент) или в качестве дополнительного наполнителя при производстве асфальтобетона.

Технология изготовления брикетов, применяемая на практике





1 – загрузочное окно, 2 – воршитель, 3 – камера, 4 – подающая часть шнека,
 5 – прессующая часть шнека, 6 – рабочий канал, 7 – коническая втулка,
 8 – матрица-фильтра, 9 – нагревательные элементы, 10 – термопара

Предлагаемая технология брикетарования

С целью брикетирования ОСВ и смеси ОСВ и древесных отходов при производстве твердого топлива использована схема последовательности операций, представленная на рисунке 7.

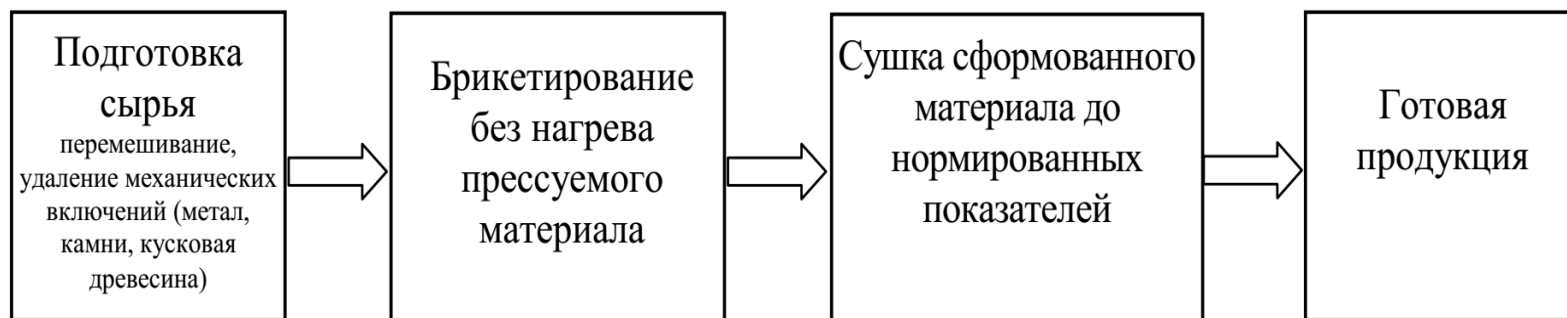


Рисунок 7 – Последовательность операций при предложенном способе брикетирования двухкомпонентного твердого топлива

Постановка эксперимента

Для проведения экспериментальных исследований с различными компонентными составами ОСВ была использована опытно-промышленная установка в составе с брикетирующим устройством марки «ПМТ-1». На этой установке измерялись и фиксировались следующие параметры:

- доли компонентного состава брикетируемой массы;
- влажность брикетируемой массы;
- производительность установки по изготовлению твердого топлива.

При этом для каждой комбинации компонентного состава измеряли следующие величины:

- влажность брикета на выходе из рабочего канала и в процессе его сушки (методом взвешивания образцов);
- продолжительность выхода брикета заданной длины из установки;
- температуру массы сырья и сформированного брикета;
- наружные размеры сформованного и высушенного брикетов.

Кроме того, документировали внешний вид, состояние поверхности, наличие трещин и т. п., а также возможность транспортировки брикета для сушки.

При проведении опытов принимались постоянными: давление, создаваемое прессом, время перемешивания (подготовки) компонентов к брикетированию, температурный режим в помещении, температурный режим сушки, время сушки.

Образцы брикетов на основе ОСВ



Рисунок 8 – Внешний вид образцов брикетов

Лабораторные испытания брикетированного топлива на основе ОСВ

Отбор образцов брикетов и их подготовку для лабораторных и механических испытаний производили в соответствии с ГОСТ 5396–77 и ГОСТ 11130–75.

Отобранные образцы прошли испытания в аккредитованных лабораториях, с целью определения параметров и показателей (влажность, зольность, содержание серы, теплоты сгорания и т.д.) полученного многокомпонентного твердого топлива на основе ОСВ. В испытаниях использовались образцы различных компонентных составов, спрессованные под одним давлением, но при различной влажности.

Для оценки соответствия твердого топлива требованиям проводятся испытания, при выполнении которых необходимо соблюдать правила техники безопасности по ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.019. Применяемые средства измерений и оборудование поверены и аттестованы в установленном порядке.

Проведение анализов по физическим и теплотехническим показателям брикетов

Определения основных физических показателей состава топлива с целью возможности установления оптимальных по соотношению компонентных параметров, а также для разработки технических условий на производство МТТ на основе ОСВ, в том числе и с добавлением древесных опилок, проводились с участием аккредитованной и независимой лаборатории топлив, масел и кормов Учреждения Белорусского государственного университета "Научно-исследовательский институт физико-химических проблем" (Аттестат № ВУ/112. 1.0463) с составлением актов отбора проб, актов приемки и протоколов испытаний.

Анализ зольности, влаги, теплоты сгорания, содержания серы в процессе проведения испытаний с целью определения и контроля статистически достоверных результатов проводился в топливной лаборатории Речицкой мини-ТЭЦ филиала "Речицкие электрические сети" РУП "Гомельэнерго" (Аттестат № ВУ/112. 2.4393). Межлабораторные исследования проб выполняли в соответствии с ГОСТ 27314, ГОСТ 11022, ГОСТ 8606, ГОСТ 147

Акты испытаний

Калориметр модели В-08МА-К

Дата выпуска _____

Лабораторные условия: температура окружающего воздуха _____ оС;

атмосферное давление _____ кПа;

относительная влажность _____ %.

Режим работы калориметра- изопериболической.

Вводные данные		Значение
Массовая доля влаги в топливе в рабочем состоянии	W_t^r	30.00 %
Массовая доля воды в аналитической пробе	W^a	5.70 %
Массовая доля серы в аналитической пробе	S_t^a	0.57 %
Зольность аналитической пробы	A^a	21.40 %
Зольность пробы в сухом состоянии	A^d	22.70 %
Зольность пробы в рабочем состоянии	A^r	21.90 %
Содержание водорода на горючую массу H^r		1.71 %
Содержание водорода в аналитической пробе	H^a	2.300 %
Выход летучих веществ в аналитической пробе V^a		0.00 %
Выход летучих веществ в аналитической пробе на сухую беззольную массу топлива V^{daf}		0.00 %

Наименование	Обозначение	Результат
Среднее аналитическое по бомбе кДж/кг кКал/кг	$\bar{Q}_b^a = \frac{1Q_b^a + 2Q_b^a}{2}$	17987.08
Высшая теплота сгорания, кДж/кг кКал/кг Режим Другие угли, горючие сланцы и торф	$Q_s^a = \bar{Q}_b^a - (94 \cdot S_t^a + a \cdot Q_b^a)$	17906.52 4276.90
Низшая теплота сгорания, кДж/кг кКал/кг	$Q_i^a = Q_s^a - 24,42(8,94 \cdot H^a + W^a)$	17265.20 4123.72
Высшая теплота сгорания рабочего топлива, кДж/кг кКал/кг	$Q_s^r = Q_s^a \cdot \frac{100 - W_t^r}{100 - W^a}$	13292.22 3174.79
Содержание водорода на рабочее состояние топлива, %	$H_t^r = H^a \cdot \frac{100 - W_t^r}{100 - W^a}$	1.707
Низшая теплота сгорания рабочего топлива, кДж/кг кКал/кг	$Q_i^r = Q_s^r - 24,42(W_t^r + 8,94 \cdot H_t^r)$	12186.89 2910.79
$C_{i\text{cp}}$		14993.55 Дж/К 3581.15 кал/К

Начальник ЦНИПД _____
Подпись _____ И.О. Фамилия _____

Нач. производственной лабораторий ЦНИПД _____
Подпись _____ И.О. Фамилия _____

Лаборант _____
Подпись _____ И.О. Фамилия _____

Таблица 7 – Элементные составы горючей массы различных видов топлива, согласно протоколам испытаний

Вид топлива	Обозначение	Рабочий состав топлива (по массе), %				
		Углерод, С	Кислород, O ₂	Водород, H ₂	Азот, N ₂	Сера, S ₂
Многокомпонентное твердое топливо ОВС с содержанием древесных отходов . 50 %.	Марка 1	40,3	34	2,3-5,3	1,77	0,54 - 0,6
Многокомпонентное твердое топливо ОВС с содержанием древесных отходов 25 %.	Марка 2	39,4	24,6	2,3-5,4	2,24	0,61 - 1,09
Многокомпонентное твердое топливо ОВС без содержания древесных отходов. 0 %.	Марка 3	40,4	12,7	2,3-5,7	2,38	1,16- 1.18
Многокомпонентное твердое топливо ОВС с содержанием древесных отходов 67 %.	Марка 4	43,4	31,1	2,5-5,6	1,66	0,54 - 0,62

Таблица 8 - Элементные составы горючей массы различных видов топлива

Вид топлива	Состав топлива							Q , МДж/ кг
	C	H_2	N_2	O_2	S	A	W	
Многокомпонентное топливо твердое (с углеводород-содержащими отходами)	59–62	4,6–6,5	0,2–0,3	31–36	0,3–0,7	4,5–10	10–19,9	18,0-21,0
Многокомпонентное твердое топливо на основе ОСВ марка 1	50-52	2,3-5,1	1,5-2,5	16-20	0,6	21,4-22,7	10,4-62,7	5,4-16,3
Многокомпонентное твердое топливо на основе ОСВ марка 2	49-53	2,3-5,1	1,5-2,5	10-12	0,5-1,1	27,9-29,9	10,4-57,2	6,1-16,8
Многокомпонентное твердое топливо на основе ОСВ марка 3	46-49	2,3-5,1	1,5-2,5	10-12	0,46-1,2	32,7-34,6	10,4-62,7	5,3-16,7
Многокомпонентное твердое топливо на основе ОСВ марка 4	50-52	2,5-5,1	1,5-2,4	20-22	0,57-0,6	21,0-21,4	10,4-57,2	5,5-15,6
Торф	25– 60	2,6 – 6,0	1,1–3,0	15– 40	–	6 –50	0 –95	8,0 –21,0
Древесина	48 – 52	6 –7	0,1– 0,6	43– 45	–	–	60 –95	12,5

- «Марка-1» – из ОСВ-50% и опилок 50% ;
- «Марка-2» – из ОСВ-75% и опилок 25%;
- «Марка-3» – из ОСВ-100%;
- «Марка-4» – из ОСВ-33% и опилок 67%.

Анализ результатов исследований

Отношение влажности к низшей теплоте сгорания

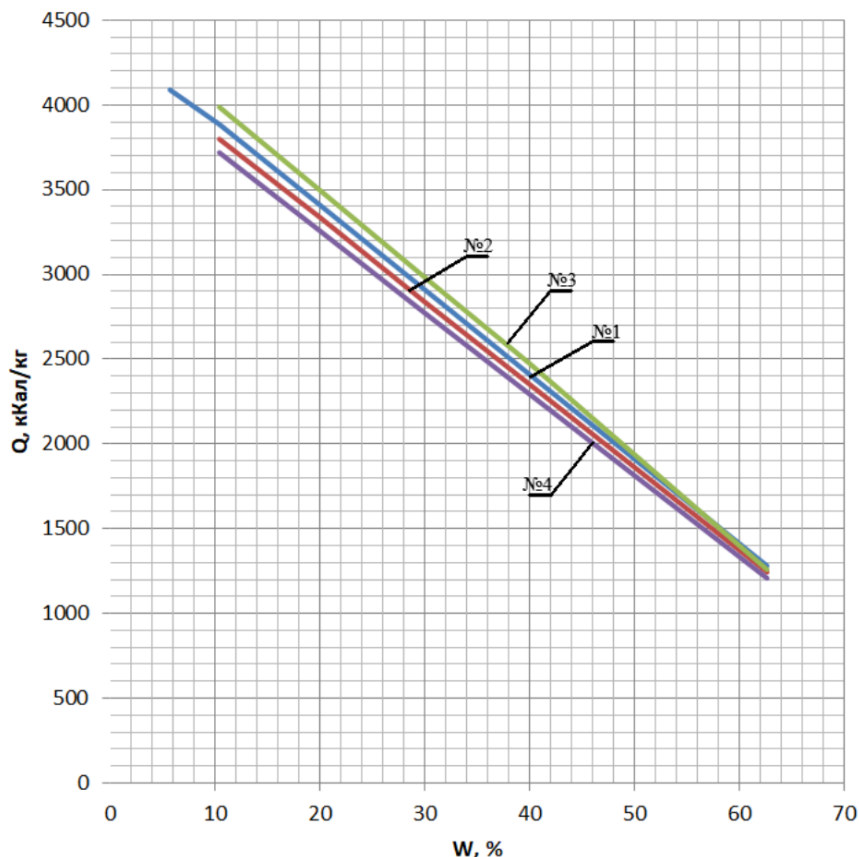


Таблица 9 – Сравнение топливного эквивалента с различными составами при различной влажности топлива

Марка брикета	Состав брикета	Влажность W, %	Теплота сгорания Q, Ккал/кг	Калорийный эквивалент
1	(50% ОСВ - 50% опилки)	10,4	3889	0,556
2	(75% ОСВ - 25% опилки)	10,4	3800	0,543
3	(100% ОСВ - 0% опилки)	10,4	3986	0,569
4	(33% ОСВ - 67% опилки)	10,4	3719	0,531
1	(50% ОСВ - 50% опилки)	30	2911	0,416
2	(75% ОСВ - 25% опилки)	30	2842	0,406
3	(100% ОСВ - 0% опилки)	30	2986	0,427
4	(33% ОСВ - 67% опилки)	30	2778	0,397
1	(50% ОСВ - 50% опилки)	40	2412	0,345
2	(75% ОСВ - 25% опилки)	40	2352	0,336
3	(100% ОСВ - 0% опилки)	40	2476	0,358
4	(33% ОСВ - 67% опилки)	40	2297	0,328

Таблица 10 – Полученные значения основных элементов топлива.

Вид топлива	Зольность топлива $A^r, A^c, \%$	Массовая доля влаги, $W^r, W^a, \%$	Массовая доля серы, $S^r, S^a, \%$
МТТ ОСВ марка 1	21,4	3,4	0,58
	22,7	5,7	0,57
МТТ ОСВ марка 2	12,8	57,2	0,50
	29,9	6,5	1,09
МТТ ОСВ марка 3	12,9	62,7	1,18
	34,6	5,3	0,46
МТТ ОСВ марка 4	21,0	10,4	0,60
	23,4	8,4	0,62

Содержание серы в топливе марки 3 (ОСВ-100%) составило 1,18 % что в целом является несколько завышенным (около 20%), однако добавление более чистого по составу компонента в виде древесных опилок снижает содержание серы до показателей 0,58-0,6%, при нормативе не выше 1%.

Снижение содержания в топливе серы является необходимостью так как присутствие серы снижает качество твердого топлива, в первую очередь за счет того, что при сжигании топлива выделяются сернистые газы SO_2 и SO_3 соединяясь с водой образуют серную кислоту - которая в свою очередь разрушает металлические части котла, а попадая в атмосферу, разрушает

Снижение содержания серы может быть достигнуто добавлением опилок



Рисунок 15 – Вид золы после сжигания топлива с использованием ОСВ марки 4



Рисунок 16 – Вид золы после сжигания топлива с использованием ОСВ марки 3

ВЫВОДЫ

На основе анализа полученных результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Применение марки 1 позволяет получать топливо, которое отвечает действующим стандартам по основным показателям: зольность не превышает 23%, массовая доля серы не превышает 0,6%, низшая теплота сгорания не ниже 17120 КДЖ/кг. Марка 1 может применяться для сжигания с использованием действующих стандартов на лигнин гидролизный и топливный торф. Допускается сжигать гидролизный лигнин с влажностью 60%, а торф топливный кусковой по СТБ 2202-2011 допускается к применению с влажностью 40%.

2. Марка 2 и марка 3 также могут быть применены в качестве топлива, но для их применения необходимо разработать технические условия с указанием всех нормативов по основным характеристикам топлива для более широкого спектра составов.

3. Марка 4 по полученным результатам практически не отличается от марки 1: зольность и общая сера практически не изменяются (0,57-0,62 %) за счет низкой теплоты сгорания (14,97 МДж/кг) и большого их содержания древесных опилок в составе топлива.