

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ КОФЕЙНОГО ШЛАМА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЛЛЕТ

Перетяка С.Н., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий

В статье рассмотрен процесс сушки кофейного шлама для производства пеллет. Представлены результаты исследований по сушке шлама в кипящем слое. Изучена кинетика сушки кофейного шлама.

In the article the process of drying of coffee shlama is considered for the production of pellet. Presented researches on drying of shlama in a boiling layer. Kinetics of drying of coffee shlama is studied.

Ключевые слова: биотопливо, кофейный шлам, сушка.

Доля природного газа в структуре потребления первичных энергоресурсов в Украине неоправданно высока – около 43 %, что практически вдвое больше, чем в Европейском Союзе. При этом вклад возобновляемых источников энергии в Украине незначителен – 1,6 %, что в 6 раз меньше по сравнению с ЕС. Более того, направления развития разных секторов энергетики Украины, предложенные в проекте обновленной Энергетической стратегии до 2030 года, также не совпадают с тенденциями в энергетике Евросоюза. Так, в Европе планируют уменьшать потребления угля с 15,9 до 7 % и сокращать использование атомной энергии с 13,5 до 11 %, а в Украине ситуация противоположная. Новым вариантом стратегии запланирован рост использования угля с 27,9 до 30 %, атомной энергии – с 17,9 до 22,5%. Кроме того, ЕС собирается в 2,5 раза увеличить долю возобновляемых источников энергии до 2030 года с 9,8 до 25 %, а в Украине запланировано неспешное развитие этого сектора – с 1,6 до 5,7 %.

В предыдущих исследованиях было обосновано, что для условий Украины наиболее перспективным направлением производства биотоплива являются древесные пеллеты. А также агропеллеты, изготовленные из лузги риса, стеблей кукурузы, соломы пшеницы, биомассы подсолнечника, бытовых отходов, торфа, лузги гречки, лузги подсолнечника, лигнина гидролизного. Помимо перечисленного, можно добавить отходы пищевых производств, в частности кофейный шлам. Пеллеты и агропеллеты обладают следующими неоспоримыми достоинствами [1-3]:

- технические параметры конкурируют с традиционными энергоносителями:
 - процесс подачи, горения топлива и отпуск тепла можно полностью автоматизировать и контролировать;
 - обслуживание котлов схоже;
 - высокая плотность и значительная прочность;
- энергетические характеристики успешно соперничают с ископаемым углем и природным газом (табл.1):

Таблица 1 – Сравнительные характеристики видов топлива с пеллетами

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж/кг	%, серы	%, золы	Углекислый газ, кг/ГДж
Каменный уголь	15 – 25	1 – 3	10 – 35	60
Дизельное топливо	42,5	0,2	1	78
Мазут	42	1,2	1,5	78
Торф	10	0	20	70
Природный газ	35 – 38	0	0	57
Пеллеты древесные	14 – 17	0,1	0,5 – 1,5	0

- экологические показатели пеллеты опережают другие виды топлива:
 - возможность использования пепла в виде удобрений;
 - утилизация отходов;
 - не оказывается вредное воздействие на окружающую среду;
- экономические преимущества неоспоримы:
 - незначительные капитальные затраты;
 - быстрая прибыль за счет сбережения традиционных энергоносителей;
 - экономически оправдано перемещать на значительные расстояния;

- стабільна ціна, не зависящая от скачков цен на ископаемые виды топлива и от роста экологических налогов;
- низкие эксплуатационные расходы;
- экономия на складских расходах.

Технология изготовления пеллет из кофейного шлама, основана на его предварительной сушке и последующем гранулировании. При этом именно затраты энергии на процесс сушки будут определять себестоимость пеллет. Сырой шлам, обычно, обладает влажностью 80 – 82 %. Легко рассчитать количество влаги, которое необходимо испарить, чтобы получить 1 тонну сухого (12%) шлама при различной начальной влажности (табл. 2).

Таблица 2 – Количество испаряемой влаги в зависимости от влажности шлама

Влажность шлама, %	12	30	50	70	80
Количество влажного шлама, кг	1000	1257	1760	2933	4400
Количество испаренной влаги, кг	0	257	760	1933	3400

Из таблицы видно, что в первом случае, когда влажность материала 80 %, при сушке необходимо будет испарить 3400 кг воды, а при влажности 70% - уже 1933 кг. Приведенный пример показывает, что начальная влажность сырья очень сильно будет влиять на энергоёмкость процесса [4].

Исходим из опыта развитых стран [5] и предполагаем, что изготовление пеллет из кофейного шлама, будет осуществляться на отечественных комбинатах по производству растворимого кофе, поэтому сырьё будет бесплатным. Тогда доля сушки в структуре себестоимости пеллет будет выглядеть еще более вызывающе (рис. 1) [4].

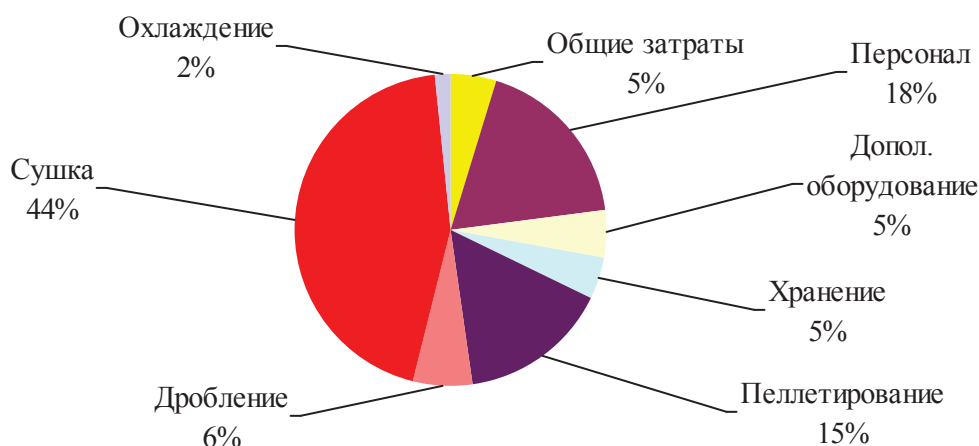


Рис. 1 – Предполагаемая структура себестоимости производства пеллет из шлама

Таким образом, практически половина затрат связано с процессом сушки, что и определило цель исследований.

В результате предыдущих исследований установлено, что предварительное обезвоживание шлама результативно за счет центрифугирования. Влажность снижалась на 11 %, при удельных энергетических затратах 466 кДж/кг. Конвективная сушка шлама в неподвижном слое выявилась неэффективной: удельный расход энергии 20 МДж/кг, снижение влажности всего на 26,7 %, средняя скорость сушки 0,178 %/мин, время сушки 150 минут. Это можно объяснить тем, что в процессе сушки на поверхности слоя образуется корка сухого шлама и это резко усложняет выход влаги на поверхность материала [4].

Известны исследования сушки шлама инфракрасным излучением. Скорость сушки в зависимости от подводимой энергии колеблется в пределах 1,3 – 1,7 %/мин. Энергозатраты – 3,2 МДж/кг, что действительно впечатляет. Однако, этими же исследованиями установлено, что при увеличении подводимой ИК – энергии в 2 и 3 раза скорость сушки увеличивается только на 0,2 %/мин, удельный расход энергии резко возрастал до 5,2 и 7,1 МДж/кг, соответственно [6, 7]. При этом для работы инфракрасных излучателей необходима электрическая энергия, которая по-прежнему дороже тепловой. Производительность радиационной сушилки будет невысокой, так как с увеличением скорости транспортера и толщины слоя продукта на лентах скорость сушки круто падает.

Целью данных исследований является поиск эффективного режима конвективной сушки кофейного шлама, как сырья для изготовления пеллет.

Для решения проблемы связанной с интенсификацией процесса сушки, были проведены опыты сушки шлама в кипящем слое. Достоинства псевдооживления известны:

- высокая скорость сушки, обусловленная резким увеличением площади поверхности тепло- и массообмена;
- выравнивание температур и концентраций в объеме сушильной камеры;
- возможность создавать аппараты непрерывного действия;
- в аппаратах с псевдооживленным слоем гидравлическое сопротивление невелико, поэтому расход энергии на работу вентилятора незначителен;
- сушилки с кипящим слоем просты и легко автоматизируются.

Опыты проводились на экспериментальном стенде, который состоял из вентилятора, калорифера, и стеклянной сушильной камеры, для визуализации опытов. Инструментальная база стенда: система измерения температуры воздуха в окружающей среде (t_0), после калорифера (t_1) и сушильной камере (t_2), чашечный анемометр для замера скорости воздуха (w), психрометр для измерения влажности свежего воздуха φ_0 и электронные весы. По диаграмме влажного воздуха определяли энтальпию свежего воздуха I_0 и после калорифера I_1 . Плотность воздуха в сушильной камере найдена по таблице свойств воздуха. Параметры сушильного агента представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры сушильного агента

t_0 , °C	t_1 , °C	t_2 , °C	φ_0 , %	I_0 , кДж/кг	I_1 , кДж/кг	w , м/с	ρ , кг/м ³
13,4	81	62	90	36	105	3,5	1,03

На электронных весах определялась масса шлама до (G_n) и после сушки (G_k), влажность шлама до (ω_n) и после сушки (ω_k) находилась по стандартной методике. Время сушки (τ) фиксировалось по секундомеру (табл.4).

Таблица 4 – Параметры шлама

G_n , кг	ω_n , %	G_k , кг	ω_k , %	τ , мин
0,27	80	0,059	10	12

В начале процесса сушки наблюдалось фильтрование агента сушки через слой материала. При снижении влажности шлама силы когезии уменьшались, что приводило к переходу материала в псевдооживленное состояние. В кипящем слое отмечалось интенсивное перемещение частиц материала и их частичное разрушение, поэтому в конце процесса сушки наблюдался унос частиц. Таким образом, при одной скорости сушки прослеживалось 3 стадии псевдооживления.

В результате расчетов установлено:

- расход воздуха на сушку – 0,023 кг/с;
- количество тепла на сушку – 1138 кДж;
- скорость сушки – 5,67 %/мин;
- удельный расход энергии на сушку – 5,4 МДж/кг.

По завершении исследований можно сделать следующие выводы:

1. Сушка в кипящем слое пока не может конкурировать с радиационной сушкой по энергетическим затратам (расход энергии на 60 % больше).
2. Утилизация тепла отработанного агента сушки и выбор его оптимальной скорости позволит существенно снизить энергозатраты.
3. В качестве агента сушки, возможно, использовать дымовые газы, которые образуются в результате сгорания пеллет, что резко удешевит процесс сушки, по сравнению ИК – сушкой.
4. Скорость сушки в кипящем слое выше радиационной более чем в 3 раза.
5. Производительность сушилок в кипящем слое значимо больше и они производятся серийно.

Литература

1. Маляренко В.А., Яковлев А.И. Возобновляемые энергоресурсы – основа альтернативной энергетики // Ежеквартальный научно-технический журнал «Интегрированные технологии и энергосбережение» №2. – 2008. – С.29-32.

2. Перетяка С.Н. Перспективы биотоплива в Украине // Наукові праці ОНАХТ – Одеса. 2010. – Вип. 37, С.203 – 206.
3. Перетяка С.Н. Исследование энергетических характеристик кофейного шлама // Наукові праці ОНАХТ – Одеса. 2011. – Вип. 39, Т. 2, С. 345 – 347.
4. Перетяка С.Н. Исследование процессов обезвоживания кофейного шлама для производства пеллет // Наукові праці ОНАХТ – Одеса. 2013. – Вип. 43, Т. 1, С. 165 – 167.
5. Практическое руководство по созданию пеллетного производства // ALLIGNO Maschine nelexport GmbH / www. Alligno. ru
6. Терзієв С.Г. Дослідження процесу сушіння шламу кави під дією інфрачервоного випромінювання / Терзієв С.Г., Ружицька Н.В., Саламаха В.І., Малашевич С.А. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь: ТДАТУ. – 2011. – Вип. 11, С. 153 – 158.
7. Бурдо О.Г. Кінетика ІЧ – сушіння шламу кави / Бурдо О.Г., Терзієв С.Г., Ружицька Н.В., Борщ А.А. // Харчова наука і технологія. – 2011. - № 4 (17). – С. 96 – 99.

УДК 621.757:697.7:662.987.697.7

АНАЛИЗ СУДОВОЙ ГИБРИДНОЙ ТРИГЕНЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, РАБОТАЮЩЕЙ ПО ЭЖЕКТОРНОМУ ХОЛОДИЛЬНОМУ ЦИКЛУ И ОРГАНИЧЕСКОМУ ЦИКЛУ РЕНКИНА

Димитров А. А., аспирант, Яковлева О. Ю., канд. техн. наук, ст. преп.,
Хмельнюк М. Г., д-р техн. наук, профессор

Учебно-научный институт холода криотехнологий и экоэнергетики им. В. С. Мартыновского
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса,

Целью статьи является расчетно-теоретическое исследование гибридной тригенерационной системы для применения на судах. Известно, что утилизация теплоты в системах тригенерации является на 20-40% эффективнее когенерационных систем. Основная проблема судовых тригенерационных установок – это их высокие массогабаритные характеристики. Этот фактор является существенным в условиях малых размеров судовых трюмов или твиндеков. Решением данной проблемы может стать применение на судах гибридных систем на основе эжекторного холодильного цикла и органического цикла Ренкина.

The aim of this paper is design and theoretical study of the hybrid trigeneration system for using on vessels. It is known that the trigeneration heat recovery systems have for 20 - 40 percent more efficiency than the cogeneration ones. The main problem of ship trigeneration units is their high overall dimensions. This factor is significant in the small ship holds or twin decks conditions. The solution of this problem with the help of using the hybrid trigeneration systems incorporated with ejector refrigerating cycle and organic Rankine cycle is presented in this paper.

Ключевые слова: Тригенерация, отбросная теплота, вторичные энергоресурсы, судовая энергетическая установка, когенерация, органический цикл Ренкина, эжекторная холодильная машина.

В настоящее время судовой транспорт не остается без внимания Международной программы энергосбережения. Разрабатываются все новые решения для увеличения эффективности судовых энергетических установок путем использования технологии тригенерации, позволяющей наиболее глубоко утилизировать вторичные энергоресурсы судовых энергокомплексов.

Тригенерация представляет собой технологию одновременного получения электроэнергии, теплоты, а также холода, используя только один источник первичной энергии, такой, как природный газ или топливо. Другими словами, тригенерация представляет собой комбинацию когенерационной системы, состоящей из первичного двигателя (дизельный или газотурбинный двигатель), производящего электроэнергию и теплоту, и теплоиспользующей холодильной машины для производства холода[1].

В тригенерационных системах может быть использованы два вида судовых энергоустановок: поршневые дизельные двигатели и газотурбинные установки.