

**О ВОЗМОЖНОСТЯХ КОМПЛЕКСНОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В
ПЕЧНЫХ АГРЕГАТАХ КАМЕРНОГО ТИПА**

**THERE ARE CAPABILITIES OF COMPLEX
PROCESSING OF INDUSTRIAL SOLID CARBON
WASTE IN FURNACE UNIT IN THE ARTICLE**

© 2013 Парфенюк А.С., д.т.н., Кутняшенко А.И.
(ДонНТУ)

Parfenyuk A.S., Doctor of Technical Sciences,
Kutnyashenko A.I. (DonNTU)

На основе ретроспективного обзора работ, выполненных в ДонНТУ, представлена технология совместной термической переработки промышленных и бытовых отходов с получением полезной продукции и энергии. Проанализированы возможности реализации процесса на коксохимических заводах.

Technology of the joint thermal processing of industrial and domestic wastes with production of useful products and energy is presented on basis of retrospective review of works, which were executed in DONNTU. Process feasibilities are analyzed on Coke plants.

Ключевые слова: твердые углеродистые промышленно-бытовые отходы, термолизное топливо, термическая переработка, коксохимическое предприятие.

Keywords: solid carbon industrial and domestic wastes, thermolysis fuel, thermal processing, coke and by-product process.

Проблема переработки углеродистых промышленных и бытовых отходов (ПБО) в Украине очень остра. Огромные площади занимают полигоны и свалки, на которых накапливаются миллиарды тонн отходов, что является крайне негативным фактором нагрузки на окружающую среду.

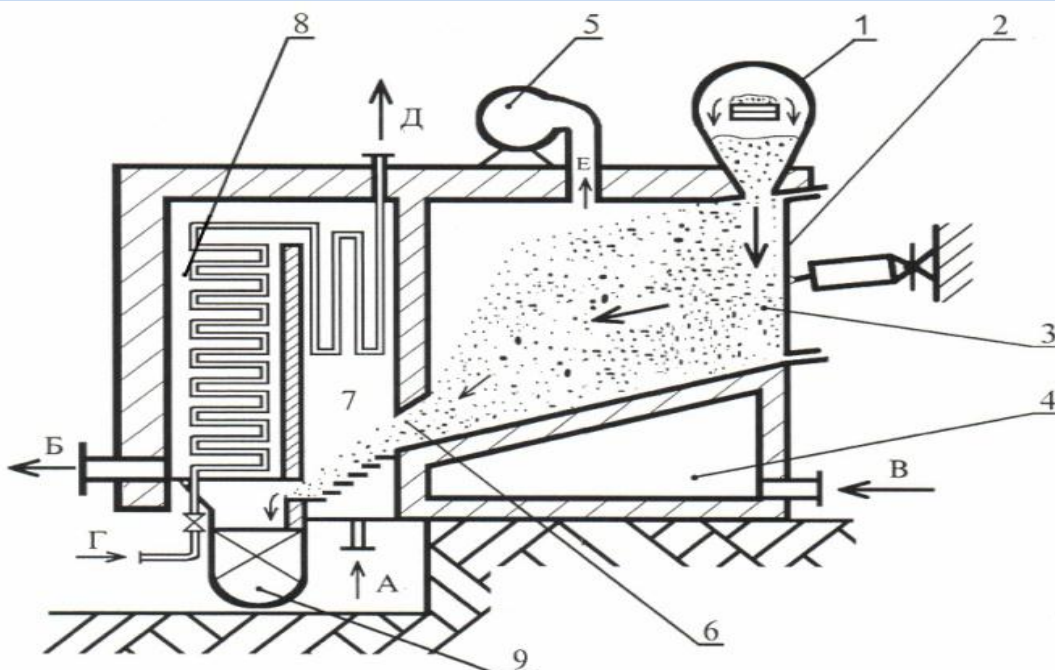


Рис. 1 Принципиальная схема термолизного агрегата для переработки смесей углеродистых ПБО:

1 – система загрузки; 2 – прессующе-проталкивающее устройство; 3 – термолизная печь; 4 – регенераторы; 5 – система отвода летучих; 6 – наклонный канал; 7 – топка; 8 – котлоагрегат; 9 – система золоудаления;

А – подача воздуха в топку; Б – дымовые газы на очистку; В – подача газа и воздуха на обогрев печи; Г – подача воды в котлоагрегат; Д – отвод пара к турбине; Е – отвод химических продуктов на переработку

Анализ зарубежного опыта показывает, что применяемые наиболее распространенные методы утилизации отходов – захоронение и сжигание, имеют серьезные недостатки и не решают проблему должным образом.

Одним из вариантов комплексного решения проблемы ПБО является их термолитно-энергетическая рекуперация (метод ТЭРО) в печных агрегатах камерного типа, имеющих много общего с коксовыми печами. Технология такой переработки смесей твердых углеродистых ПБО методом термолитиза позволяет получать твердое термолитное топливо (ТТТ), жидкие и газообразные химические продукты, энергию и зольный остаток, который можно использовать для производства стройматериалов [1-6].

Процесс включает операции подготовки компонентов сырья, измельчения, составления требуемой сырьевой композиции. Эти стадии имеют общее название – компаундирование. *Компаундирование* – возможность совместно перерабатывать бытовые и промышленные отходы, для чего твердые бытовые отходы (ТБО) подготавливают и в заданных пропорциях смешивают с твердыми промышленными отходами (со шламами углеобогащения и фусами коксохимического производства) и жидкими добавками.

Прессование и термолит смеси с получением ТТТ, а также последующее его сжигание для получения энергии происходят в агрегате, принципиальная схема которого приведена на рис. 1. Технология исключает открывание печной камеры, обеспечивает непрерывность процесса и, как следствие, его хорошую управляемость и автоматизацию. Таким образом, наряду с высокой экологичностью процесса имеются обоснованные предпосылки для обеспечения его надежности, экономичности и, что представляется весьма важным, возможности использования проверенных в коксовом производстве прогрессивных технических решений.

Технология позволяет обеспечить высокую экологичность переработки отходов [7-9].

Экономические оценки показывают, что такая комплексная переработка ПБО экономически выгодна в условиях Украины.

Важно, что практическая реализация вполне возможна на площадках и с использованием инфраструктуры и кадров существующих коксохимических заводов [5-7], что также способствует улучшению экономических показателей. На схеме (рис. 2) показаны операции технологии ТЭРО с использованием оборудования коксохимических предприятий, а также др. отечественного оборудования.

Метод ТЭРО имеет следующие основные отличительные особенности и достоинства:

- *комплексный характер* переработки, позволяющий использовать в качестве сырья промышленные и бытовые отходы с различными технологическими и физико-механическими характеристиками;

- *наиболее высокий уровень экологичности* в сравнении с другими методами термической переработки твердых отходов;

- *гибкость и управляемость* – в термолитных агрегатах, объединенных в батарею, непрерывно происходит процесс уплотнения, проталкивания смеси и ее термолит с получением ТТТ;

- *использование существующего химического крыла* коксохимического завода: летучие продукты термолитиза отводятся на улавливание, где извлекаются химические компоненты, а обратный газ очищают и направляют на обогрев агрегатов;

- *энергоэффективность* – получаемое ТТТ в нагретом виде поступает в котлоагрегат и сжигается в циркулирующем кипящем слое с утилизацией тепловой энергии сгорания;

- *зола от сжигания ТТТ*, составляющая менее четверти исходной массы перерабатываемого сырья, используется в производстве строительных материалов.

Экспериментальные исследования с использованием различных исходных смесей подтвердили целесообразность и возможность их переработки методом ТЭРО.



Были проведены исследования компрессионных, энергетических и технологических свойств сырья путем коксования брикетов, полученных при различных исходных условиях, в существующих коксовых печах с использованием контейнеров-спутников. Это позволило установить прочностные, плотностные, структурные свойства получаемого ТТТ и некоторые общие закономерности их изменения [5, 7].

Как правило, ТТТ характеризуется высокой зольностью (до 46-50 %) и незначительным, практически постоянным для различных исходных смесей, выходом летучих веществ (2,3-2,4 %). Содержание серы в ТТТ невелико, ниже, чем в валовом коксе, и немного возрастает с увеличением содержания кислой смолки в исходной компаунд-смеси. ТТТ из шлама с добавлением смолки имеет самую высокую сернистость, что можно объяснить высоким содержанием серы в смолке и шламе.

Топливо из смесей, которые не содержали ТБО, с добавлением кислой смолки в пределах 5-10 % имеет более низкие прочностные характеристики на статическое сжатие $\sigma_{сж}$, растяжение σ_r и начальное сопротивление сдвигу, но при этом практически не изменившиеся плотностные характеристики.

Добавление к шламам углеобогащения дисперсных ТБО привело к снижению прочностных показателей и при этом увеличивалась хрупкость получаемого ТТТ. Давление уплотнения компаунд-смесей увеличивало

прочность и начальное сопротивление сдвигу получаемого топлива, причем при давлениях уплотнения более 7-8 МПа наблюдалось существенное увеличение прочностных характеристик. В результате увеличения давления прессования смеси получаемое топливо становится более прочным, менее хрупким, что позволяет рекомендовать такой уровень давления прессования для брикетирования компаунд-смесей [8].

Существует значительное различие свойств ТТТ, состоящих только из шлама, и с добавлением ТБО. Прочностные свойства топлива из смесей с добавкой ТБО проходят через оптимум в зависимости от содержания кислой смолки, причем при увеличении содержания смолки в смеси более 7 % прочность ТТТ на разрыв максимальна. Увеличение прочности ТТТ, как показали проведенные эксперименты, аналогично ее росту для исходных прессовок из компаунд-смесей ПБО при увеличении содержания кислой смолки до 10 %. Нужно отметить, что прочность на сжатие остается при этом практически постоянной. Т.о., добавление смолки в определенных количествах, как и увеличение давления прессования, уменьшает хрупкость получаемого ТТТ и, следовательно, повышает ее ударную прочность.

Сравнивая значения объемной плотности брикетов получаемого ТТТ для исследованных смесей, можно сделать вывод, что ее значение возрастает незначительно (на 5-7 %) с увеличением давления прессования исходной смеси и с увеличением содержания кислой смолки [8, 9].

Важным показателем является энергетическая ценность ТТТ, которая по результатам исследований составила 16-17 МДж/кг. С учетом того, что по разрабатываемой технологии теплота нагретого ТТТ утилизируется, общая энергетическая ценность составляет около 17-18 МДж/кг, что примерно вдвое меньше энергетической ценности кокса.

В целом, увеличение давления прессования смесей ПБО, содержащих в основном шламы углеобогащения и ТБО, увеличивает прочность получаемого ТТТ. В интервале давлений от 8 до 12 МПа прочность на разрыв и раскалывание возрастает на порядок, а прочность на сжатие увеличивается на 30-40%. При этом топливо становится существенно более прочным и менее хрупким. Оптимальным можно считать давление прессования около 10 МПа [9].

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что переработка твердых углеродистых отходов методом ТЭРО вполне осуществима, но это требует обеспечения однородности сырья и стабильности его свойств [10, 11].

С этой целью предлагается в дальнейшем использовать процесс гранулирования-агломерации, что позволит существенно уменьшить техническую нагрузку на окружающую среду на всех стадиях предварительной подготовки сырья, а также на завершающих стадиях для компаундирования дисперсных продуктов переработки [12, 13].

В настоящее время ДонНТУ, совместно с немецким техническим университетом Гамбурга – Харбург, проводит

исследования по гранулированию перерабатываемого сырья. Этот технологический прием расширит возможности метода ТЭРО и позволит улучшить общую экологичность процесса переработки дисперсных отходов – в частности, будет способствовать улавливанию наиболее опасных ультрадисперсных фракций зольных отходов, полученных при сжигании твердого термолитного топлива.

Кроме того, при складировании, перевозке и захоронении токсичных веществ и в производстве строительных материалов гранулирование-агломерация улучшит технологические и экологические свойства промежуточных и конечных продуктов. Это будет достигнуто путем связывания и капсулирования зольных остатков с получением искусственного щебня, аглопорита в изделиях из бетона, омоноличивания агломератов в крупных изделиях с добавлением бетона (плит для дорожного строительства, теплоизоляционных конструкций и др.) [13,14]. Такая технология может быть объединена в едином промышленном комплексе, и включать термохимическую переработку, получение энергии и новых строительных материалов при минимальных затратах на создание производственных мощностей. Общая схема такой технологии приведена на рис. 3

Представленный обзор работ, выполненных ДонНТУ по созданию технологии термической переработки смесей промышленных и бытовых отходов, позволяет сделать обоснованный вывод о перспективности такой переработки в условиях коксохимических заводов Украины.

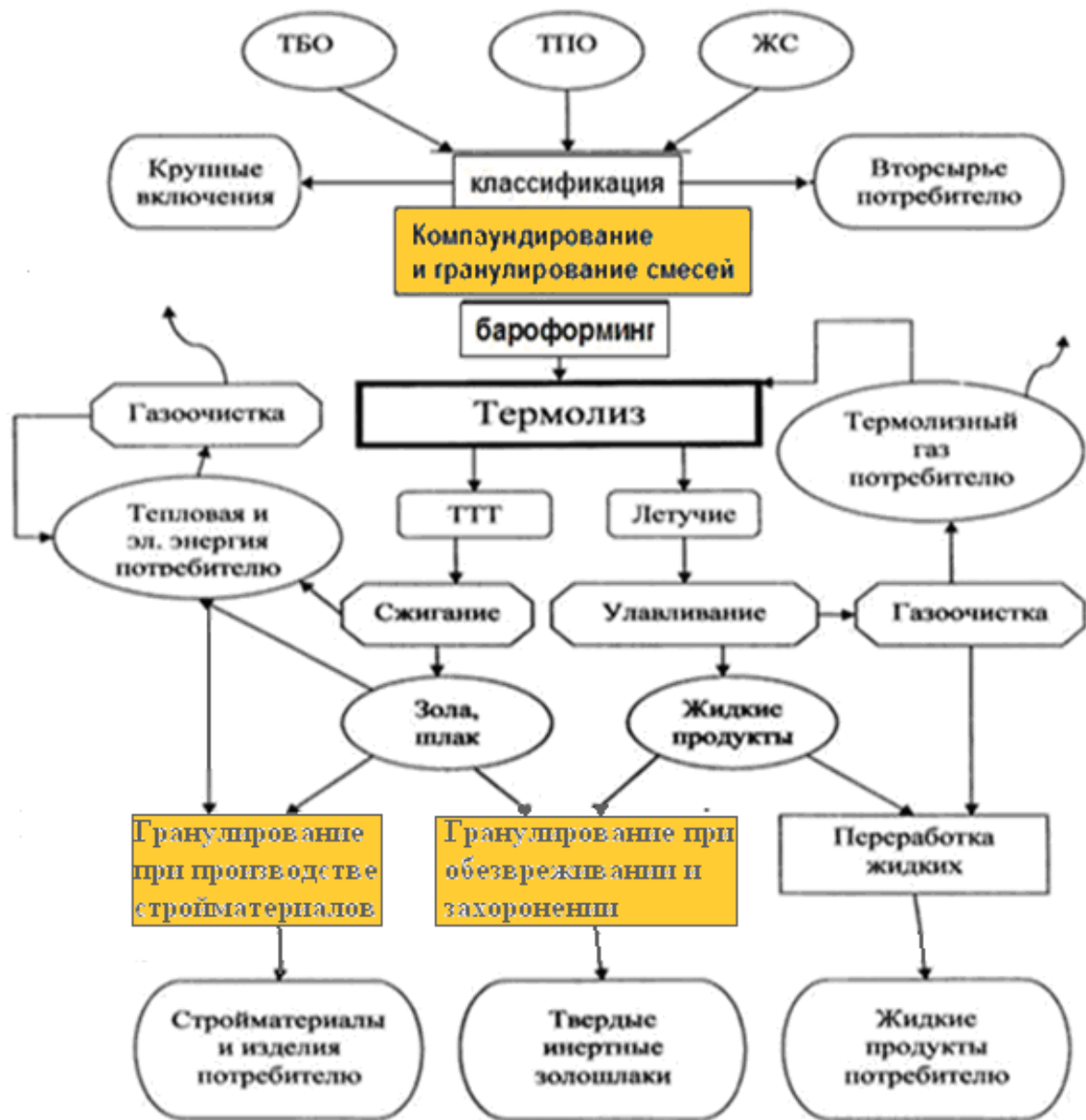


Рис. 3 Схема метода термолизно-энергетической рекуперации отходов с включением гранулирования-агломерации на различных стадиях процесса:

ТБО – твердые бытовые отходы, ТПО – твердые промышленные отходы, ЖС – жидкие смеси, ТТТ – твердое термолизное топливо

1. *Парфенюк А.С.* Оценка ресурсов для крупномасштабной переработки твердых углеродистых отходов в Донецком регионе / *А.С.Парфенюк, А.Г.Мельниченко, А.А.Топоров.* // Кокс и химия. – 1998. – № 6. – С. 39-41.
2. *Парфенюк А.С.* Новый агрегат для переработки твердых отходов *Александр Сергеевич Парфенюк* // Кокс и химия. – 1999. – № 2. – С. 35-37.
3. *Парфенюк А.С.* Проблема создания промышленных агрегатов для утилизации твердых углеродистых отходов / *А.С.Парфенюк, С.П.Веретельник, И.В.Кутняшенко, А.А.Топоров, А.Г.Мельниченко* // Кокс и химия. – 1999. – № 3. – С. 40-44.
4. *Парфенюк А.С.* Исследование физико-механических свойств твердых промышленных и бытовых углеродистых отходов / *А.С.Парфенюк, А.Г.Мельниченко, И.В.Кутняшенко, А.А.Топоров* / Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Хімія і хімічна технологія. – 2000. – Вип. 13. – С. 149-153.
5. *Парфенюк А.С.* Крупномасштабная комплексная переработка твердых углеродистых промышленных и бытовых отходов / *Александр Сергеевич Парфенюк* // Кокс и химия. – 2001. – № 5. – С. 41-43.
6. *Парфенюк А. С.* Получение твердого топлива из смесей углеродистых промышленных и бытовых отходов / *А.С.Парфенюк, С.И.Антонюк* // Кокс и химия. – 2001. – № 5. – С. 15-22.
7. *Парфенюк А.С.,* Возможности решения проблемы диоксинов в технологиях термической переработки углеродистых ПБО / *А.С.Парфенюк, С.И.Антонюк, А.А.Топоров* / Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Хімія і хімічна технологія. – 2002. – Вип. 43. – С. 37-40.
8. *Парфенюк А. С., Антонюк С. И., Топоров А. А.* Альтернативное решение проблемы твердых отходов в Украине // Экотехнологии и ресурсоснабжение. – 2002. – вып. 4. – С. 28–30.
9. *Кутняшенко И.В.* Анализ экологичности установок для термолізно-енергетической рекуперации отходов / *И.В.Кутняшенко, А.А.Топоров* // Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: материалы межд. научн.-практ. конф. – Донецк, 2004. – Т. 1. – С. 253-256.
10. *Парфенюк О.С.* Эффективный шлях вирішення проблеми твердих відходів в Україні – індустріальна термолізно-енергетична рекуперация / *О.С.Парфенюк, А.А.Топоров, І.В.Кутняшенко* // Безпека життєдіяльності. – 2005 – № 12. – С. 8-12.
11. *Парфенюк А.С.* Метод ТЭРО – эффективная технология комплексной переработки ПБО / *А.С.Парфенюк, С.П.Веретельник, И.В.Кутняшенко, А.А.Топоров* // Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: материалы IV межд. научн.-практ. конф., 5-7 июня 2007 г. – Москва, 2007. – С. 197-200.
12. *Heinrich S.* Coating of aerogels in a spouted fluidized bed apparatus dem modeling of particle dynamics / *S.Heinrich, S.Antonyuk, A.Ershova* // Машиностроение и техносфера. – 2010. – № 4. – С. 7-11.
13. *Heinrich S.* Экспериментальные исследования поведения гранулята при динамических воздействиях / *S.Heinrich, S.Antonyuk, А.И.Кутняшенко, А.С.Парфенюк, Д.И.Тасиц, А.И.Сова* // Машиностроение и техносфера. – 2010. – № 4. – С. 107-111.
14. *Кутняшенко А.И.* Некоторые особенности технологии гранулирования-агломерации тонко-дисперсных частиц / *А.И.Кутняшенко, А.С.Парфенюк, Д.И.Тасиц, S.Heinrich, S.Antonyuk* // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Хімія і хімічна технологія. – 2011. – Вип. 16 (184). – С.167-172.

Рукопись поступила в редакцию 06.07.2012.