

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ CO₂ ИЗ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ МИНИ-ТЭЦ НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА

¹Седнин В.А., ¹Игнатович Р.С.

¹Седнин Владимир Александрович- д.т.н, профессор, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь, E-mail: vsednin@bntu.by

¹Игнатович Р.С. - аспирант, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь.

Аннотация: Основной целью данной работы является сравнение и анализ существующих на сегодняшний день технологий извлечения CO₂ из продуктов сгорания мини-ТЭЦ, работающих на местных видах топлива, на базе моделей, построенных в программных пакетах Aspen Hysys и Aspen Adsorption.

Ключевые слова: физическая абсорбция; химическая абсорбция; адсорбция; местные виды топлива; Aspen Hysys; Aspen Adsorption.

Abstract: The main objective of the paper consists to compare and analyze the currently existing technologies for capturing carbon dioxide from the combustion products of mini-CHP plants operating on local fuels. The analysis is based on models built in the Aspen Hysys and Aspen Adsorption software packages.

Keywords: physical absorption; chemical absorption; adsorption; local fuels; Aspen Hysys; Aspen Adsorption.

На сегодняшний день в мире наблюдаются тенденции значительного роста цен на углеводороды. В связи с этим всё больше внимания уделяется возобновляемым источникам энергии и альтернативным видам топлива. К последним также относятся промышленные и бытовые органические отходы, местные виды топлива (МВТ). Таким образом, расширение доли альтернативных видов топлива на в структуре энергобаланса является перспективным направлением как на сегодняшний день, так и в ближайшем обозримом будущем. В тоже время одним из недостатков этих перечисленных видов топлива является повышенное, в сравнении с чистыми углеводородами, удельное содержание парниковых газов, в первую очередь диоксида углерода CO₂, в продуктах сгорания [1]. Нейтрализация этого недостатка возможна путем оснащения теплоисточников системами извлечения CO₂, из продуктов сгорания.

На рисунке 1 представлена типовая принципиальная схема мини-ТЭЦ, работающей на МВТ по циклу органическому циклу Ренкина, оснащенная дополнительно установкой блока извлечения CO₂.

На сегодняшний день можно выделить три широко используемых технологии извлечения углекислоты из продуктов сгорания [2, 3]: физическая абсорбция, химическая абсорбция и адсорбция. Самым широко применяемым методом физической абсорбции является метод водной абсорбции, среди химических методов наибольшее распространение нашёл метод абсорбции растворами аминов (абсорбция водным раствором моноэтаноламина (МЭА) и диэтаноламина (ДЭА)). При использовании адсорбционного метода извлечения углекислоты из продуктов сгорания обычно в качестве сорбентов используют активированный уголь и синтетические цеолиты.

С целью анализа повышения эффективности мини-ТЭЦ на МВТ с утилизацией CO₂ из продуктов сгорания были выполнены численные исследования для трех технологии: водной абсорбции, химической абсорбции раствором МЭА, адсорбции с применением активированного угля в неподвижном слое. Для этого в программных комплексах *Aspen Hysys* и *Aspen Adsorption* были построены математические модели для абсорбционных и адсорбционных процессов соответственно.

Проведённый анализ показал, что химическая абсорбция позволяет обеспечить степень извлечения CO₂ равную 97% и самую высокую степень чистоты полученного газа от

примесей. Физическая абсорбция позволила обеспечить степень извлечения углекислоты равную 68% и самую низкую степень чистоты от примесей сухого продукта. Адсорбционный метод является промежуточным между двумя видами абсорбции. Так, используя доступный, но не самый эффективный адсорбент была получена степень извлечения CO_2 равная 77%.

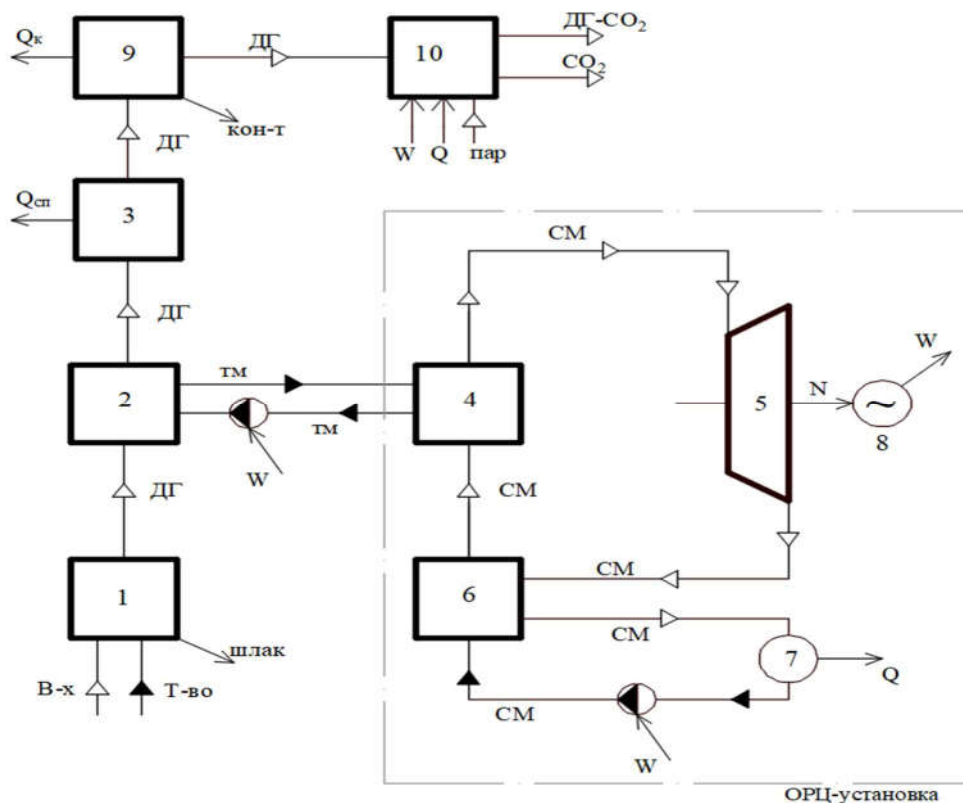


Рис.1. Принципиальная схема энергоисточника с блоком извлечения CO_2 : 1 – топка котла, 2 – подогреватель термомасла, 3 – водяной подогреватель, 4 – испаритель, 5 – паровая турбина, 6 – регенеративный подогреватель, 7 – сетевой подогреватель, 8 – генератор, 9 – конденсационный экономайзер, 10 – блок извлечения CO_2

Результаты сравнения основных параметров исследованных технологических процессов извлечения CO_2 из продуктов сгорания МВТ приведены ниже в таблице 1.

Полученные результаты позволяют осуществлять выбор наиболее подходящей технологии в каждом конкретном случае проектирования теплоэнергетического объекта на МВТ с учетом целевого назначения CO_2 в дальнейшем. Например, если углекислота будет являться продуктом для внешнего использования или для производства сухого льда, то химическая абсорбция МЭА является наилучшим вариантом. При использовании CO_2 в целях производства синтетического природного газа, выбор технологии извлечения зависит технологии метанирования. Так, для химико-каталитических реакторов метанирования лучше использовать химическую абсорбцию или абсорбцию на цеолитах, из-за высокого влияния примесей, таких как SO_x и NO_x на никелевый катализатор. Для биокаталитических реакторов метанирования может быть использован физический метод абсорбции.

Таблица 1

Сводная таблица сравнения полученных результатов

Показатели	Физический	Химический	Адсорбционный
Чувствительность к твёрдым примесям	Высокая	Высокая	Высокая
Влияние температуры на процесс извлечения CO ₂	Низкое	Высокое	Высокое
Влияние SO _x и NO _x на процесс извлечения CO ₂	Низкое	Очень высокое	Высокое
Влияние водяного пара в продуктах сгорания на процесс извлечения CO ₂	Низкое	Низкое	Высокое
Движущая сила процесса, подводимая извне	Электроэнергия	Раствор амина; электроэнергия; тепловая энергия	Тепловая энергия
Удельные энергозатраты электрической энергии на 1 кг CO ₂ , кВт·ч/(кг CO ₂)	0,254	0,002	0,001
Удельные затраты тепловой энергии на 1 кг CO ₂ , МДж/(кг CO ₂)	–	18,08	3,4
Удельные потери МЭА на 1 кг CO ₂ , мг/(кг CO ₂)	–	81	–
Количество CO ₂ полученного в оптимальном режиме работы, кг/ч	233	335	252
Степень чистоты газа от примесей, %	76	86	–
Степень чистоты сухого газа, %	79	99	–
Степень извлечения CO ₂ в оптимальном режиме, %	68	97	77

Выводы. В ходе исследования с применением программных комплексов *Aspen Hysys* и *Aspen Adsorption* проведены численное моделирование и получены результаты для оценки эффективности применения трех технологий (водной абсорбции, химической абсорбции раствором МЭА, адсорбции с применением активированного угля в неподвижном слое) для извлечения диоксида углерода из продуктов сгорания миниТЭЦ на МВТ.

Разработанные модели и полученные результаты планируется использовать для разработки малоотходных теплоэнергетических объектов с опцией химической регенерации энергии местных видов топлива для получения синтетических горючих газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экология промышленных технологий [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс для студентов специальностей 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Промышленная теплоэнергетика и теплотехника"; сост. О. Ф. Краецкая, И. Н. Прокопеня. – Минск: БНТУ, 2014.
2. C.H Yu, C. H. Huang, and C. S. Tan, "A review of CO₂ capture by absorption and adsorption," *Aerosol Air Qual. Res*, vol. 12, pp. 745-769, 2012.
3. Hansa R. Y. D. et al. Post Combustion Carbon Dioxide Capture. *Journal of research technology and engineering*, 2020, 21–31.