

УДК 661.531 (56)

<sup>1</sup>Г.К. Лавренченко, доктор техн. наук; <sup>2</sup>А.В. Копытин, канд. техн. наук<sup>1,2</sup>ООО «Институт низкотемпературных энерготехнологий», а/я 188, г. Одесса, Украина, 65026e-mail: <sup>1</sup>lavrenchenko.g.k@mail.ru; <sup>2</sup>av-kopytin@yandex.ruORCID: <sup>1</sup>http://orcid.org/0000-0002-8239-7587; <sup>2</sup>http://orcid.org/0000-0003-3514-0989

## КЛЮЧЕВАЯ РОЛЬ КИСЛОРОДНЫХ ВРУ В РЕАЛИЗАЦИИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ С ПОЛНЫМ УЛАВЛИВАНИЕМ CO<sub>2</sub>

Для использования эффективной технологии «Carbon Capture and Storage» рассматривается вопрос включения криогенных воздухоразделительных установок, производящих кислород, в состав крупных теплоэлектростанций. В новых проектах предусматривают использование технологии «Oxyfuel Combustion Capture» для выработки чистой энергии с последующей подготовкой диоксида углерода к депонированию либо к производству продуктов на его основе. В результате производство энергии обязательно сопровождается получением и использованием продуктов разделения воздуха. Кислород применяется как для поддержания процесса горения топлива, так и аккумуляции энергии в виде криогенной жидкости при реализации технологии «Cryogenic Energy Storage». Это позволяет решать комплекс задач, связанных с обеспечением пикового потребления энергии в дневное время с одновременным снижением удельных энергозатрат на производство кислорода, повышением эффективности работы паротурбинной установки. Криогенные технологии также используются в установках для эффективного извлечения CO<sub>2</sub> из дымовых газов. В работе рассматриваются основные схемные и технологические решения, применяемые при разработке и реализации таких проектов.

**Ключевые слова:** Кислород. Жидкий кислород. Воздухоразделительная установка. Технология «Oxyfuel Combustion Capture». Производство энергии. Продукты разделения воздуха. Извлечение CO<sub>2</sub>. Аккумуляция энергии. Эффективность.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

По мнению межправительственной группы экспертов по изменению климата IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) эмиссия CO<sub>2</sub> от тепловых электростанций (ТЭС), работающих на угле, может быть снижена на 10...55 % к 2100 г. за счёт применения технологии CCS (Carbon Capture and Storage). В её основе лежит организация комплексной газификации угля IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle).

Для этого необходимо создавать криогенные воздухоразделительные установки (ВРУ), реакторы, горелочные устройства, газовые турбины, которые будут использовать в качестве топлива газ, обогащенный H<sub>2</sub>, и установки по извлечению и компримированию CO<sub>2</sub>.

Основным энергопотребляющим оборудованием в таких системах являются ВРУ, которые несколько снижают количество производимой электроэнергии электростанцией. Дальнейшее совершенствование схем и циклов, реализуемых в ВРУ, не приведёт к существенному снижению энергопотребления, так как они достигли максимума их технического и энергетического совершенства. По оценкам специалистов снижение удельных энергозатрат в ВРУ прогнозируется всего лишь на уровне 0,3 % в год.

Это свидетельствует о том, что необходимо разрабатывать новые более перспективные технологии производства кислорода, при которых интеграция ВРУ в состав ТЭС позволила бы существенно улучшить её экономические показатели.

Наряду с этим следует совершенствовать горелочные устройства и котельные агрегаты, особое внимание уделять процессам извлечения CO<sub>2</sub> из дымовых газов при помощи криогенных методов разделения. Это позволит упростить аппаратное оформление установки, увеличить степень извлечения CO<sub>2</sub> и снизить стоимость его утилизации.

### 2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ CO<sub>2</sub> ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В последние годы повышенное внимание уделяется снижению эмиссии CO<sub>2</sub> в окружающую среду, вызванной антропогенной деятельностью. Основной вклад в эмиссию (около 40 %) приходится на дымовые газы, отходящие от крупных ТЭС. Так как потребление электроэнергии к 2030 г. увеличится в два раза, нужно добиваться значительного сокращения эмиссии CO<sub>2</sub> с дымовыми газами. Для снижения воздействия человека на окружающую среду актуальным является разработка эффективных технологий по извлечению CO<sub>2</sub> из ды-