

ДИСКУСІЇ

УДК 662.76; 622.7.002.82

В. Б. ТРОШЕНЬКИН, А. Д. ВАСИЛЬЄВ

**ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ
ЭЛЕКТРОЛИЗА УГОЛЬНОЙ ПУЛЬПЫ С ПОСЛЕДУЮЩИМ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУЧАЕМОГО ВОДОРОДА В
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

Интерес к чистой угольной энергетике не ослабевает и производство электроэнергии без осуществления высокотемпературных процессов и выбросов в атмосферу диоксида углерода находится в центре внимания ученых США, Японии, Китая, России, Украины.

Публикация в журнале "World Coal" (November 2001-Volume 10 Number 11.c.55-61) обращает внимание: "...Fuel Cell Energy планирует построить экспериментальную электростанцию на угольных топливных гранулах по проекту Kentucky Pioneer Energy, разработанному Global Energy."

Авторы публикации поднимают важный вопрос, так как использование мелких классов углей и отходов углеобогащения не отвечает требованиям ресурсосбережения и экологии.

Уголь составляет основную часть энергоресурсов Украины. Современное производство электроэнергии и тепла связано с необходимостью выполнения шахтерами трудной и опасной работы под землей.

При существующих методах добывается лишь немногим более половины из располагаемых запасов угля, другая половина остается под землей по технологическим и техническим причинам. Из поднятого на поверхность угля лишь 10...15% идет на производство электроэнергии. Остальная часть теряется в отходах угледобычи, углеобогащения и в золоотвалах в виде несгоревшего углерода. Но большая часть энергии, добываемой из угля, бесполезно рассеивается в окружающую среду с продуктами сгорания и конденсации, поскольку КПД ТЭС не превышает 33...35%.

Известно, что выход из создавшегося положения заключается в создании и применении энергоустановок с топливными элементами (ТЭ), которые работают на угле [1-3]. Как правило, вначале уголь газифицируют, а затем генераторный газ подают в топливные элементы. Однако

образующийся в результате неполного окисления угля и углеводородов оксид углерода является крайне неустойчивым соединением, рекомбинирующим при определенных условиях на твердый углерод, т.е. сажу, которая забивает поры ТЭ и выводит электрохимическое оборудование из строя.

Явление сажеобразования удается устранить при повышении давления газификации до 15...20 МПа, а температуры до 200...250°C. При этом смещение реакции взаимодействия углерода с водой в сторону образования стойких к разложению водорода и диоксида углерода осуществляется путем электролиза угольной пульпы. Электрический ток понижает энергию активации углерода, что позволяет проводить процесс газификации при сравнительно низких температурах. Углекислый газ легко поглощается из смеси щелочными растворами. После отделения диоксида углерода чистый водород направляют в топливный элемент.

Учитывая, что в общих запасах углеродного и углеводородного топлива Украины, уголь занимает 95%, то производство водорода рассматриваемым способом можно считать наиболее перспективным.

В настоящее время в ИПМаш НАН Украины разработана и смонтирована экспериментальная установка для отработки режимов получения водорода при высоком давлении на базе угля.

Одновременно Институт проблем материаловедения НАН Украины (ИПМ) подготовил топливный элемент на основе оксидов циркония. По договоренности между ИПМаш и ИПМ будут проведены совместные испытания созданного оборудования с целью получения исходных данных для проектирования экспериментального комплекса "Шахта-ТЭС" (ЭКШТ) мощностью 6 МВт.

Оснащение подземной части ЭКШТ предназначено для безопасной отработки угольных пластов. Повышенная температура и высокое давление подземных вод, которые используются как окислитель в глубоких шахтах, дают возможность проводить электролиз угольной пульпы непосредственно в угольных забоях. Естественно, в этом случае подземные воды не откачиваются на поверхность. Находясь непосредственно в пласте подземных вод, угольный комбайн с ТЭ в состоянии разрушить, измельчить и газифицировать угольный пласт, подавая на поверхность под высоким давлением водород (и углекислый газ) для выработки электроэнергии. Часть полученного водорода комбайн использует на свое функционирование. Для полной автономности комбайна, движущегося по отработываемому угольному пласту, кроме водорода необходим кислород. С этой целью на борту комбайна должен быть некоторый запас кислорода. В процессе электролиза угольной пульпы кроме водорода и углекислого газа получается определенное количество кислорода. Этот кислород можно выделить из смеси, используя мембраны, и также направить в топливные элементы.

Топливные элементы являются также основным оборудованием наземной части комплекса, но в этом случае в роли окислителя водорода, поступающего из шахты, служит воздух, обогащенный кислородом.

Технико-экономические показатели предлагаемой технологии получения электроэнергии по сравнению с существующими традиционными и альтернативными аналогами имеют следующие преимущества:

- коэффициент полезного действия электростанции, эксплуатируемой по предлагаемому способу, составляет 52...54%. Действующие тепловые электростанции имеют КПД 35...40%;

- стоимость единицы вырабатываемой электроэнергии на 30% ниже предлагаемой в настоящее время на энергетическом рынке;

- разрабатываемый способ производства электроэнергии на базе угля более надежен, чем иные способы производства с использованием топливных элементов;

- затраты угля на производство единицы вырабатываемой электроэнергии (1 кВт) сокращаются вдвое (с 330...350 до 165...175 г/кВт), поскольку во-первых, КПД топливных элементов превышает КПД турбогенераторов примерно в 1,6...1,7 раза и, во-вторых, содержащийся в угле метан не

выбрасывается в атмосферу, а вместе с потоком водорода направляется в топливный элемент;

- привлекаются в оборот забалансовые угли, запасы которых в Украине составляют приблизительно 45 миллиардов тонн. Из-за высокого содержания неорганической части, до 40...80 %, эти угли не нашли применения ни в металлургии для производства кокса, ни в энергетике для выработки электроэнергии. Имеются теоретические предпосылки того, что высокосольные угли легко подвергаются электролизу и, следовательно, могут быть использованы для производства электроэнергии;

- включается в производство уголь, оставленный в настоящее время в шахтах по техническим и технологическим причинам (например, очень тяжело сейчас извлечь уголь из пластов мощностью менее 0,2...0,3 м. Между тем, робот-комбайн с топливными элементами может быть разработан любых размеров, в том числе и в микроварианте);

- исключаются затраты электроэнергии на подъем угля, откачивание воды и вентиляцию штреков, снижается металлоемкость подземного угледобывающего оборудования. Поскольку давление подземных вод равняется давлению окружающих пород, не требуется специальных каркасов для крепления подземных выработок. Отсутствуют также конвейеры, железнодорожные пути, кабели и т.д.;

- несколько ниже расход металла на изготовление энергетического оборудования. Топливные элементы являются поверхностными аппаратами, а турбогенераторы - объемными. И, казалось бы, первые должны быть значительно более металлоемкими, чем вторые. Но энергетическое оборудование во втором случае включает не только турбогенераторы, но и котлы, рекуператоры, конденсаторы, трубопроводы, насосы. Сюда же следует отнести оборудование систем складирования и подготовки угля, удаление шлаков и золы, да и сами железные дороги, по которым уголь доставляется на ТЭС;

Разработка, изготовление и испытание стационарной тепловой станции с топливными элементами мощностью 6 МВт займет не более 3 лет, стоимость работ - 23 млн. долларов. Стоимость научно-исследовательских работ - 3,5 млн. долларов.

Тепловая электростанция мощностью 6 МВт с топливными элементами, работающими на водороде электролизера угольной пульпы,

является по сути дела модулем будущих промышленных и энергетических электростанций. Набором модулей можно комплектовать электростанции любой мощности.

В социально-экологическом плане использование результатов выполнения работ по предлагаемой теме в топливно-энергетическом комплексе позволит:

- исключить необходимость выполнения шахтерами трудного и опасного труда на подземных работах в особо сложных горно-геологических условиях;

- достичь значительного снижения затрат труда не только на проведение сложных и трудоемких горно-капитальных работ, но и за счет изъятия из производства таких процессов как транспортирование, складирование и подготовка сырья для сжигания на электростанциях.

Выброс в атмосферу углекислого газа, вызывающего парниковый эффект, при разрабатываемой технологии производства электроэнергии приблизительно в три раза ниже, чем при традиционных способах. Связано это с тем, что при подземной газификации угля исключаются отходы угледобычи, углеобогащения и золоотвалы с несгоревшим углеродом, окисление которого в атмосферных условиях и приводит к образованию дополнительного количества диоксида углерода. Выбросы диоксида углерода в предлагаемом способе сокращаются на 30...40% и могут быть полностью ликвидированы путем закачивания сжиженного или поглощенного водой диоксида углерода в глубинные слои Земли. Кроме того, на единицу вырабатываемого количества электроэнергии топливные элементы затрачивают примерно вдвое меньше углерода, так как их КПД составляет 60...70 %.

Пыль, возникающая при производстве электроэнергии обычными способами, является источником профессиональных заболеваний. Предлагаемый способ не страдает указанным недостатком, поскольку пыль в процессе производства не образуется.

Вредные вещества, которые выбрасываются в атмосферу действующими в настоящее время ТЭС (такие как соединения серы, бензапирен и т.д.), в предлагаемом процессе остаются под землей. Также в шахтах остаются вредные вещества, сосредоточенные в неорганической части угля (тяжелые металлы, редкие и рассеянные элементы и т.д.).

По принятой технологии вблизи шахт располагаются терриконы, а рядом с ТЭС - золоотвалы. Вследствие склонности к интенсивному выветриванию, самовозгоранию и выщелачиванию терриконы и золоотвалы являются мощными источниками загрязнения окружающей среды. По новой технологии производства электроэнергии эти объекты просто не возникают. Тем самым не только оберегается окружающая среда, но и освобождается значительное количество сельскохозяйственных земель.

Литература

1. Васильев О. Паливна комірка // Электропанорама. -К., 2000. -3. -С. 18-20.
2. Пат. 4226683 США. US Class: 204/101, 204/129. Intern'l Class: C25B 001/02, C25B 001/00. Method and apparatus for hydrogen production in an absorber liquid by electrochemical of coal and water/Vaseen, Vesper A. (США). -№ 065210; Заяв. 07.10.80; Оpubл. 09.09.79. -14 с.
3. Пат. 4670113 США. US Class: 204/80; 204/129; 204/101; 0423/415A. Intern'l Class: C25B 001/00. Electrochemical activation of chemical reactions / Lewis, Arlin C. (США). -№ 788148; Заяв. 02.06.87; Оpubл. 16.10.85. -12 с.