

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШАХТНЫХ ВОД ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Д.В. Полковниченко, Д.В. Яковенко

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»

В докладе исследуются вопросы использования шахтных вод для получения электрической и тепловой энергии. Распространение получили гидроаккумулирующие электростанции с подземными нижними бассейнами и теплонасосные технологии. Данные исследования являются актуальными для Донбасского региона с учетом большого количества закрытых шахт.

Количество закрытых шахт в Донбассе постоянно увеличивается. Обслуживание их требует значительных затрат, включая содержание персонала, занимающегося откачкой воды, дегазацией и мониторингом состояния выработок. Все это наносит серьезный ущерб экономике и экологии региона.

В данной ситуации важным становится использование шахтных вод из ликвидированных шахт как одного из способов замены углеводородных источников (угля, газа, нефти) для производства электрической и тепловой энергии.

Организация утилизации шахтных вод для производства энергии также может иметь положительное влияние на экономику региона. Создание новых рабочих мест, снижение затрат на обслуживание шахт и уменьшение зависимости от традиционных источников энергии – все это может способствовать экономическому развитию региона. Кроме того, использование шахтных вод для производства энергии может снизить затраты на энергетику и сделать процесс добычи полезных ископаемых более экологически чистым.

Отрицательное воздействие шахтных вод на природную среду проявляется в затоплении горных выработок работающих шахт, подтоплении жилых и промышленных зданий, а также земельных участков, заболачивании сельскохозяйственных угодий, нарушении экологического баланса в водных объектах, сокращении запасов и загрязнении источников питьевой воды. Выброс шахтных вод наносит вред флоре и фауне резервуаров не только из-за химического загрязнения, но также из-за теплового воздействия [1].

В Донецком угольном бассейне только в период с 1996 г. по 2011 г. было закрыто 65 шахт [2] и этот процесс продолжается. Откачиваются и сбрасываются в водоемы и реки более 500 млн. м³ шахтных вод [3]. Температура этих вод составляет от 16 до 22 °С в зависимости от сезона, а температура шахтных вод на глубинах более 700 м достигает 30-33 °С.

Соответственно поступление низкопотенциального тепла в окружающую среду оценивается в 5 млн. Гкал/год.

После завершения добычи в шахте образовавшееся в ней пространство превращается в резервуар для накопления подземных вод, прогреваемых геотермальной энергией. Затопленные выработанные шахты обладают значительным потенциалом для использования низкотемпературной геотермальной энергии из подземных выработок, образовавшихся в результате добычи угольных пластов.

Целью работы является анализ мирового опыта использования шахтных вод для электро- и теплоснабжения потребителей в условиях Донецкого региона.

Одно из наиболее эффективных современных направлений использования низкопотенциального тепла в системах теплоснабжения – применение теплонасосных технологий, позволяющих трансформировать низкотемпературную возобновляемую природную энергию и вторичную низкопотенциальную теплоту до более высоких температур, пригодных для теплоснабжения. Метод является экологически безопасным, так как нет сгорания топлива, выбросов в атмосферу, не расходуются невозобновляемые энергоресурсы.

Тепловой насос (ТН) – тепловая машина, устройство для переноса тепловой энергии от источника к потребителю. В отличие от самопроизвольной передачи тепла, которая всегда происходит от горячего тела к холодному, ТН переносит тепло в обратном направлении. Для работы ТН нужен внешний источник энергии. Наиболее распространённая конструкция ТН состоит из компрессора, теплового расширительного клапана, испарителя и конденсатора (рисунок 1).

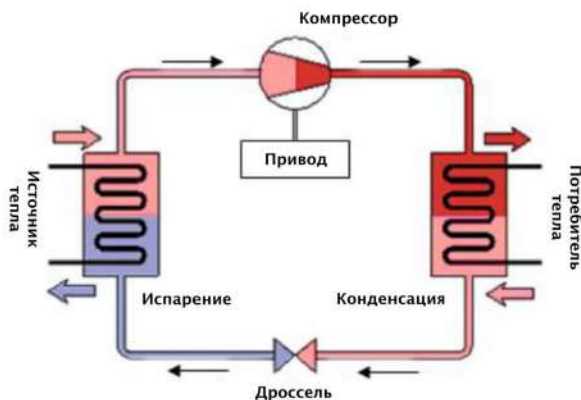


Рисунок 1 – Принцип работы теплового насоса

При передаче тепловой энергии от менее нагретой среды (низкопотенциальный источник тепловой энергии) к более нагретой (теплоноситель потребителя) ТН затрачивает энергию, однако в объемах, существенно меньших, чем передает нагреваемой среде.

Преимущества применения современных ТН заключаются в следующем [4, 5].

1. Получение 3-8 кВт тепловой энергии на 1 кВт затраченной электрической.

2. Рассредоточение выбросов в регионе.

3. Обеспечение надежного и экономичного теплоснабжения объектов. Организация автономного теплонасосного теплоснабжения малых городов и сел, особенно при использовании ТН с газопоршневым приводом.

4. Полная независимость от поставщиков тепловой энергии.

5. Минимизация протяженности тепловых сетей и, как следствие, сокращение значительных потерь и затрат на их обслуживание, снижение издержек на выработку тепловой энергии и увеличение надежности теплоснабжения.

Данные, приведенные в [5], показывают, что при установленных ценах топливно-энергетических ресурсов эксплуатационные затраты при использовании теплонасосных технологий в качестве источника тепловой энергии в 3,7 раза меньше, чем при использовании электрообогрева; в 1,3 раза меньше, чем при использовании газовой котельной; в 2,4 раза меньше, чем при использовании мазутной котельной, и в 1,9 раза меньше, чем при использовании угольной котельной.

Геотермальные ТН применяются за рубежом уже более 30 лет.

В России пилотная теплонасосная станция была введена в г. Новошахтинске Ростовской области в 2008 г. для снабжения тепловой энергией 5 социально значимых объектов (рисунок 2). На станции установлены два ТН единичной тепловой мощностью 0,384 МВт, обеспечивающие на выходе температуру теплоносителя равную 65 °С.



Рисунок 2 – Теплонасосная станция в г. Новошахтинске

Использовать шахтные воды для выработки электроэнергии возможно путем строительства гидроаккумулирующих электрических станций (ГАЭС).

Работа ГАЭС основана на преобразовании потенциальной энергии воды в кинетическую энергию с одновременной выработкой электричества. Это достигается тем, что в определенный период (в режиме пиковой нагрузки энергосистемы) большие объемы воды, находящейся на верхнем уровне, пропускают через турбину на нижний горизонт. Восстановление потенциальной энергии воды (ее перекачивание с нижнего на верхний уровень) осуществляется с помощью электрических насосных установок в другой временной части суточного графика нагрузки (в режиме минимума нагрузок энергосистемы).

ГАЭС на базе шахт особенно важны для районов сосредоточения объектов добывающей промышленности, к которым относится и Донбасс.

Строительство ГАЭС на месте шахт может позволить решить многие энергетические, экономические, социальные и экологические проблемы региона, в т.ч. оптимизировать управление режимами работы энергосистемы (при наличии, в данный момент, только ТЭС), создать новые рабочие места, уменьшить подтопление территорий и т.д.

Преимущества подземной компоновки ГАЭС перед наземной станцией заключаются в следующем [6]:

- меньший отвод поверхностных земель – только для верхнего бассейна;
- нет необходимости наличия в поверхностном рельефе существенных перепадов высот, что проблематично для равнинной местности (в т.ч. территории Донбасса);
- возможность создания станции на равнинных рельефах;
- лучшее восприятие поверхностных динамических нагрузок;
- возможность унификации подземной компоновки, что позволит значительно снизить стоимость типовой станции.

В составе ГАЭС с подземными бассейнами для нижнего бассейна используют расположенные глубоко под землей, искусственно созданные подземные выработки, в основном, в скальных породах или в отработанных горных выработках. Напор на таких ГАЭС может составить 1000 м и более.

Эффективность ГАЭС с подземными бассейнами зависит от совокупности следующих основных факторов:

- природные условия (в первую очередь топогеология выбранной площадки), определяющие напор, мощность, длину водоводов, сейсмичность, неотектонику и т.д.;
- возможность использования существующих водохранилищ;
- размещение в центре нагрузок энергосистемы;
- типы и параметры электростанций энергосистемы;

- наличие линий электропередач для выдачи мощности;
- параметры оборудования;
- к.п.д. цикла аккумулирования и т.д.

Увеличение напора в целом является положительным фактором, позволяя уменьшить объем водоемов, габариты здания ГАЭС, что, однако, может привести к удлинению водоводов ГАЭС, как при высоких, так и средних напорах [7].

Привлекательность использования отработанных (брошенных) горных выработок заключается в сокращении или исключении проходческих работ при возведении подземных энергетических объектов. Наибольший интерес представляет использование отработанных горных выработок для нижнего бассейна подземных ГАЭС, объем которых может достигать млн. м³. Эти выработки предполагается использовать незакрепленными, допускающими вывалы породы из кровли или стен выработок, что может привести к незначительному увеличению уровня воды в бассейне и не изменит гидравлический режим работы станции [6].

На рисунке 3, в качестве примера, показана принципиальная схема ГАЭС на угольной шахте «Проспер-Ханиель», расположенной в северной части бассейна Рур, Германия [8].



Рисунок 3 – Принципиальная схема ГАЭС на шахте «Проспер-Ханиель» (Германия)

Строительство и ввод в эксплуатацию ГАЭС может позволить обеспечить управление графиком нагрузки энергосистемы, который имеет ярко выраженные максимумы и минимумы. Тем самым снижается необходимость изменения режима работы блоков ТЭС, что положительно скажется на их ресурсе и надежности энергосистемы в целом. Данная задача особенно

актуально в условиях восстановления и развития промышленности Донбасского региона.

Также вблизи закрытых шахт находятся действующие подстанции и линии электропередачи, которые можно использовать в комплексе ГАЭС для связи с электроэнергетической системой и позволяют снизить суммарные инвестиции в строительство.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ показал, что в мире накоплен большой опыт использования закрытых шахт для выработки электрической и тепловой энергии.

Существующие в Донбассе условия дают возможность за счет использования закрытых шахт для выработки электро- и теплоэнергии решить многие энергетические, экономические, социальные и экологические проблемы региона, в т.ч. оптимизировать управление режимами работы энергосистемы, создать новые рабочие места, уменьшить подтопление территорий и т.д.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Лиманский А.В. Использование возобновляемых источников энергии в угольной отрасли / А. В. Лиманский, М. А. Васильева // Записки Горного института. - Т.210. - С.86-92.
2. Бездонные запасы. Уголь как основа сырьевой базы Украины [Электронный ресурс] // GEONEWS.COM.UA. – Режим доступа: <http://geonews. /news/detail/bezdonnye-zapasy-ugol-kak-osnova-9>.
3. Кауфман Л. Вода закрытых шахт – источник геотермальной энергии. Часть 2 / Л. Кауфман // Наука и техника. – 2021. – № 1. – Режим доступа: <https://naukatehnika.com/voda-zakrytyyix-shaxt-istochnik-geotermalnoj-energii-2.html>.
4. Закиров Д.Г. Разработка и внедрение технологий использования низкопотенциального тепла / Д. Г. Закиров, Р. А. Файзрахманов, М. А. Мухамедшин // Журнал С.О.К. – 2017 (9). – № 8.
5. Закиров Д. Г. Теплонасосные технологии в горнорудной, угольной промышленности и в сфере ЖКХ / Д. Г. Закиров, Ю. М. Петин, Д. Д. Закиров // Энер-госбережение. – 2013. – № 7.
6. Кокосадзе А.Э. Особенности инженерных сооружений подземной энергетики / А. Э. Кокосадзе, С. А. Чесноков, В. М. Фридкин // Известия Тульского ГУ. Науки о Земле. – 2013. – Вып. 3. – С. 120–138.
7. Кокосадз, А.Э. Подземное гидроаккумулирование / А. Э. Кокосадзе // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 2. – С. 296-304.
8. Кауфман Л. Гидроаккумулирующие электростанции в закрытых шахтах. Часть 1. Европа / Л. Кауфман // Наука и техника. – 2021. – № 9.

Полковниченко Д.В. – заведующий кафедрой электрических систем ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», канд. техн. наук;

Яковенко Д.В. – магистрант ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».