

Когенерационная энергетика Донбасса: современность и перспективы утилизации шахтного метана

Рецензия эксперта на статью получена
26.08.2019 [Expert review on the article
received on August 26, 2019].

В процессе глобализации экономики цивилизация столкнулась с множеством проблем, возникших из-за перенаселения, чрезмерного потребления благ богатыми людьми, использования экологически вредных технологий и вопиющего неравенства. Быстро ухудшающаяся биофизическая ситуация не признается глобальным сообществом. Развитие человечества, его производительных сил столкнули с проблемой ограниченности природных ресурсов, возможного нарушения динамического равновесия системы «природа-общество». Глобальность экологических проблем требует от человека иного способа мышления, новой формы самосознания — экологического.

Прежде всего это означает, что человек должен осознать себя как единое целое с природой. Главным условием сохранения равновесия и гармонии с природой является разумное сосуществование людей друг с другом, а также постепенное решение планетарных проблем совместными усилиями. Таким образом, в современном обществе потребления назрела острая необходимость преодоления экологических проблем.

В Юбилейном докладе Римского клуба, написанном в 2018 году к 50-летию его создания [1], приведён детальный анализ современного состояния мировой энергетики на опыте таких развитых стран, как Дания и Германия, отказавшихся от строительства атомных электростанций, а также Китая. Отмечалось, что классические централизованные энергосистемы подвергаются сильному давлению со стороны конкурирующих ВИЭ. Цены на

Человек должен осознать себя как единое целое с природой. Главным условием сохранения равновесия и гармонии с природой является разумное сосуществование людей друг с другом, а также решение планетарных проблем общества

солнечную фотогальваническую энергию упали, а стоимость атомной возросла. С 2010 года не остаётся никаких экономических аргументов в пользу инвестиций в атомную энергетику. В глобальном масштабе роль возобновляемых источников энергии резко возрастает.

Так, например, в Чили было произведено столь много солнечной энергии, что её предоставляли бесплатно. Германия обязалась использовать ВИЭ на 100% к 2050 году, Шотландия — к 2020 году. Согласно данным Ассоциации европейских производителей автомобилей (ACEA), Китай реализовал 34,2 ГВт солнечной энергии только в 2016 году. Также отмечено, что: «Ископаемое топливо просто проиграло гонку возобновляемым источникам энергии. Каждый год мир теперь добавляет больше возможностей, мировые ВИЭ прибавляют мощности больше, чем уголь, природный газ и нефть вместе взятые». Снижение угольной конкуренции иллюстрируется состоянием фондового рынка по сравнению с запасами угольных энергокомпаний. Из этого следует, что мировая экономика, вместо использования ископаемого и атомного топлива должна перейти на возобновляемые источники энергии.

УДК 622. Научные специальности: 13.03.01, 05.14.04, 05.14.08.

Когенерационная энергетика Донбасса: современность и перспективы утилизации шахтного метана

Александр Н. Рак, к.т.н., доцент; **Сергей В. Шлепнёв**, к.т.н., доцент, Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ, г. Донецк)

В статье проанализирован Юбилейный доклад Римского клуба в части современных тенденций развития электроэнергетики. Отмечено, что в настоящее время всё больше внимания уделяется вопросам улучшения экологической составляющей во всех сферах жизни, в том числе и в энергетике. Анализ состояния данного вопроса показывает, что на смену традиционным, невозобновляемым источникам электрической энергии приходят возобновляемые, и их доля в общем балансе неуклонно возрастает. Естественно, что в ближайшей перспективе это будет иметь значительный положительный эффект, но с учётом специфики такого крупнейшего промышленного района, как Донбасс, возникнут катастрофические последствия. Это повлечёт прежде всего закрытие угольных шахт и предприятий, обеспечивающих их функционирование, остановку электрогенерирующих предприятий и сферы их обслуживающей, химической промышленности и предприятий горного машиностроения. В итоге это может обернуться социальным взрывом. Закрытие шахт, кроме чисто технической проблемы представляет собой и значительную экологическую, связанную с выделением шахтного метана. В данной работе приведены практические рекомендации по утилизации шахтного метана и развитию когенерационной энергетики Донбасса.

Ключевые слова: метан, угольный пласт, когенерационная энергетика, химическая промышленность, экология.

UDC 622. Numbers of scientific specialties: 13.03.01, 05.14.04, 05.14.08.

Cogeneration power industry of Donbass: modernity and prospects for utilization of mine methane

Alexander N. Rak, PhD, Associated Professor; **Sergey V. Shlepnev**, PhD, Associated Professor, Donetsk National Technical University (Donetsk city)

The article analyzes the Club of Rome's 50th Anniversary report in terms of current trends in the development of the electric power industry. It is noted that at present more and more attention is paid to improving the environmental component in all spheres of life, including in the energy sector. Analysis of the state of this issue shows that traditional, non-renewable sources of electricity are replaced by renewable ones, and their share in the overall balance is steadily increasing. Naturally, this will have a significant positive effect in the near future, but taking into account the specifics of such a large industrial area as Donbass, it will have catastrophic consequences. This will entail, first of all, the closure of coal mines and enterprises that ensure their functioning, the shutdown of power generation enterprises and their service, chemical industry and mining engineering enterprises. As a result, it can turn into a social explosion. The closure of mines, in addition to a purely technical problem, is also a significant environmental problem associated with the release of coal mine methane. This paper provides practical recommendations for the utilization of coal mine methane and the development of cogeneration energy in Donbass.

Key words: methane, coal seam, cogeneration energy, chemical industry, ecology.

Учитывая специфику экономики Донбасса, следует отметить, что одной из основных отраслей промышленности является угледобывающая, а отраслями его переработки и потребления — химическая и металлургическая, а также энергетика. Генерация электроэнергии тепловыми электростанциями Донбасса будет продолжена, но в то же время будет неуклонно повышаться вклад ветровых и солнечных электрических станций в выработку электричества.

Наряду с традиционными выбросами от промышленных предприятий и автотранспорта в угледобывающих районах Донбасса, существенную долю выбросов в атмосферу добавляют выбросы шахтного метана от вентиляционных и дегазационных систем угольных шахт, а также выбросы из закрытых шахт. В отличие от выбросов промышленных предприятий выбросы шахтного метана невидимы и не имеют запаха, поэтому об их наличии малоизвестно общественности и этому недостаточно уделяется внимания.

Сначала Киотский протокол, принятый в дополнение к Рамочной Конвенции ООН об изменении климата [4], а в настоящее время и Парижское соглашение по климату обязывают сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов, приводящих к глобальному потеплению на планете. К таким парниковым газам относятся: двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4), окись азота (N_2O) и др.

Метан — второй по значимости парниковый газ, выбросы которого регламентированы ещё Киотским протоколом. Шахтный метан, значительные запасы которого имеются в Донбасском угольном



:: Изменение климата приводит к опустыниванию значительных площадей на планете

бассейне, является сильнейшим загрязнителем окружающей природной среды, одним из разрушителей озонового слоя атмосферы нашей планеты [2].

Так, запасы метана в угленосных свитах Донбасса оцениваются в 1345 млрд м^3 , в том числе 1181 млрд м^3 абсорбированного угля и 164 млрд м^3 свободного газа в пористых слоях, в частности, в песчаниках [3]. Шахтами Донбасса за год выделяется около 1,5 млрд м^3 метана. При этом доля газа, используемого в качестве топлива, составляет только 8%. Остальной газ просто выбрасывается в атмосферу.

На метан приходится 14% глобальных антропогенных выбросов парниковых газов, а на угольные шахты — 6% выбросов метана или приблизительно 400 млн тонн CO_2 -экв. в год.

Для лучшего понимания данной ситуации необходимо остановиться на источниках выделения шахтного метана, которые можно разделить на три группы:

- выделение шахтного метана сквозь трещины и разломы в земной коре;
- выделение его в составе вентиляционных выбросов из горно-шахтных выработок, в том числе в закрытых шахтах, которые часто закрывались с нарушением технических и экологических норм — такие шахты как «пороховые бочки»;
- выделение шахтного метана из дегазационных скважин угольных пластов.

Утилизация рассматриваемого газа, выделяющегося сквозь трещины и разломы в земной коре, практически нереализуема из-за его низкой концентрации и в этой связи невозможности централизованного сбора для переработки.

Также пока нереализуемой является утилизация метана в составе вентиляционных выбросов из шахтных выработок из-за отсутствия промышленных технологий утилизации и использования. На фоне этого появилась ещё одна проблема — проникновение метана в водоносные слои и загрязнение их.

Таким образом, с точки зрения утилизации и использования перспективными являются выделения шахтного метана из дегазационных скважин угольных пластов, являющимися основными источниками выбросов. Высокая концентрация метана (до 80%) в этих выбросах и возможность его централизованного сбора и подготовки позволяет использовать его в качестве источника для получения электроэнергии, тепла и сжатого метана для заправки автомобилей при существенном снижении вредных выбросов в атмосферу Земли [2].



:: Антропогенный выброс CO_2 в атмосферу признан главным виновником изменения климата

В этой связи целесообразно рассмотреть вопрос строительства и использования когенерационных газовых электростанций (КГЭС) (рис. 1). На данном рисунке традиционная схема КГЭС выделена штрихпунктирной линией. Кроме экономической выгоды, связанной с получением дешёвой электроэнергии, имеется реальная возможность получения дешёвого тепла от системы утилизации «двигатель-генератор».

Следует отметить, что из-за минимальных транспортных потерь тепла, благодаря малым расстояниям до объекта потребления, применение такого способа весьма конкурентоспособно по сравнению с длинными тепловыми сетями центрального теплоснабжения, теплоизоляция которых оставляет желать лучшего, а данные потери включаются в себестоимость продаваемого тепла.

В Донбассе имели место несколько проектов в рамках реализации Киотского протокола и получен положительный эффект от их реализации, в частности, на шахте «им. А.Ф. Засядько» (город Донецк). При участии компании «Синапс» (город Киев) в 2004–2006 годах здесь практически полностью был выполнен весь комплекс рассмотренных выше мероприятий. На Восточной промышленной площадке шахты «им. А.Ф. Засядько» была построена первая очередь КГЭС, утилизирующей шахтный метан при комбинированном производстве электрической и тепловой энергии.

Первая очередь электростанции представляет собой 12 когенерационных модулей JMS 620 производства GE Jenbacher AG (Австрия) с единичной электрической мощностью 3035 кВт и единичной исходной тепловой мощностью 2920 кВт. Годовой объём производимой электроэнергии такой КГЭС составляет 300 ГВт·ч, что позволяет целиком обеспечить шахту электроэнергией. Излишки электроэнергии и тепла собственного производства реализовывались коммунальному хозяйству Донецка. Кроме того, на шахте «им. А.Ф. Засядько» отводимый газ использовался для заправки около 100 автомобилей ежедневно. Суммарный экономический эффект от реализации проекта в условиях шахты «им. А.Ф. Засядько» составил чуть больше \$34 млн.

Вложения в КГЭС экономически оправданы, так как такой проект быстро окупается, а стоимость получаемой суммарной энергии будет значительно ниже рыночной. Например, разовые затраты на утилизационное оборудование КГЭС составляют оценочно четыре-пять месяцев, а стоимость 1 Гкал тепла при этом

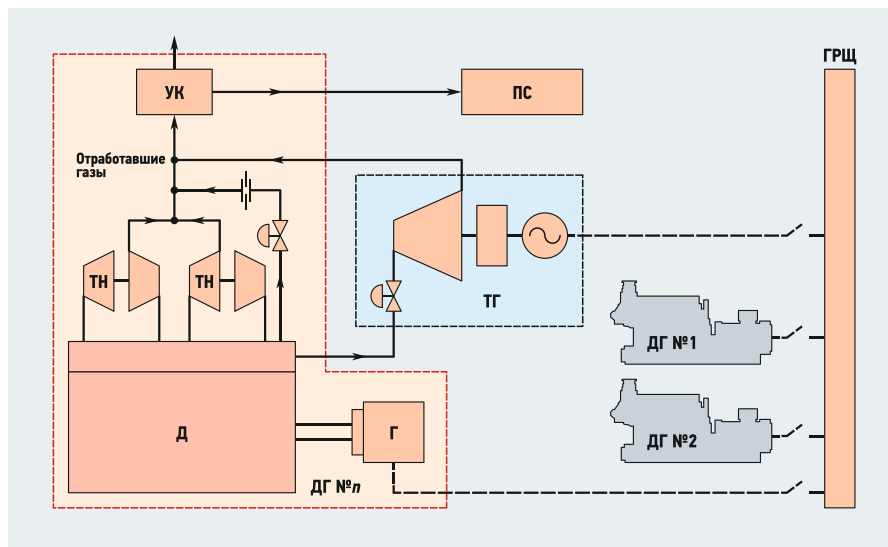


Рис. 1. Когенерационная газовая электростанция (Д — газодизель; Г — генератор; ТН — система турбонаддува дизеля; УК — утилизационный котел; ПС — система пароснабжения; ТГ — турбогенератор; ДГ №1 ... ДГ №n — дизельные генераторы)

будет в 8–15 раз ниже, чем величина стоимости 1 Гкал тепла от сети центрального теплоснабжения. Таким образом, они являются экономичными источниками постоянной энергии или резервными источниками энергии, позволяют повысить надёжность энергоснабжения.

При некоторой технической модернизации, а именно — при установке утилизационных котлов и утилизационных генераторов, данный проект может получить дальнейшее развитие. На рис. 1 данный модуль выделен штриховой линией. Использование подобных проектов не только на шахте «им. А.Ф. Засядько», но и на других шахтах Донбасса, имеющих высокую концентрацию метана в своих выработках, в свою очередь, позволит:

- снизить загазованность горных выработок и, как следствие, повысить производительность угольных шахт, а также обеспечить безопасность условий труда;

- снизить антропогенное воздействие энергетики на атмосферу и тем самым улучшить экологическую обстановку;
- выработать электроэнергию в размере 200–600 тыс. МВт·ч/год и сэкономить 100–260 млн м³ природного газа в год;
- выработать тепловую энергию не только для нужд предприятия, но и для потребностей населения;
- создать новые рабочие места.

К плюсам утилизации метана относится и то, что газ из угля может быть сжижен и перевезён потребителю в низкотемпературной цистерне. Например, в цистерне объёмом 26 м³ можно перевезти 9 т метана.

Ещё одним направлением сбыта, тоже, кстати, малоосвоенным, где возможно высокоэффективное использование метана угольных месторождений, является химическая промышленность. Самые высококачественные краски чёрной гаммы



Шахта «им. А.Ф. Засядько» (город Донецк)

изготавливают на основе сажи, полученной из угольного метана. Для справки: получение 1 т сажи требует до 80 тыс. м³ метана. Вследствие исключительной чистоты (практически не содержит серы) метан может являться исходным продуктом для получения хлористого метилена и его производных: хлороформа, тетрагидрохлористого углерода (тетрахлорметана), а также аммиака, ацетилен, водорода, метанола, формалина и т.д. [2]. Возможно использование метана и в биохимической промышленности. Известно, что наиболее качественный белок получается из метана угольных месторождений.

Энергетический потенциал среднегодовых выбросов шахтного метана в два раза покрывает потребности угледобывающей компании в электроэнергии и в четыре раза потребности в тепловой энергии, а выручка, полученная от торговли единицами сокращения выбросов парниковых газов, повышает эффективность затрат на вентиляцию и дегазацию шахт. И даже если проекты утилизации шахтного метана осуществляются без привлечения механизмов дополнительного финансирования, основанных на выполнении положений Киотского протокола, а позднее Парижского по климату, срок окупаемости вложенных средств укладывается в пять-десять лет.

Необходимо учитывать, что сооружение когенерационной установки требует капитальных вложений около \$1 млн на 1 МВт. Конечно же, стоит приложить усилия, чтобы источником финансирования работ, направленных на развитие и улучшение качества системы дегазации угольных шахт, как для снижения уровня опасности ведения горных работ, так и для эффективного внедрения установок промышленной утилизации метана, стали долгосрочные инвестиционные программы, основанные на проектах в рамках Киотского (Парижского) протокола. Если принимать в расчёт «зелёный» тариф, то можно рассчитывать на прибыль через два-три года.

Данные российских энергетиков подчёркивают актуальность развития метаноугольной отрасли. Так, при существующем недостаточном уровне утилизации метана потери такого ценного энергоносителя только в Кузнецком бассейне эквиваленты потерям 300 тыс. тонн угля в год общей стоимостью \$4 млн [2].

Частично решить эту комплексную проблему можно путём перевода некондиционного капируемого метана (концентрация в метановоздушной смеси от 8 до 25 %) в категорию товарного (концентрация 25 % и более).



По предварительным оценкам, затраты на извлечение метана окупаются только за счёт его реализации уже при дебите 3–5 м³/мин. и запасах угля на одну скважину порядка 500–550 тыс. тонн.

Существенное повышение технико-экономических показателей предварительной дегазации в свете сегодняшних подходов к его утилизации и с учётом существующих возможностей и средств возможно за счёт таких направлений:

- переоборудование геологоразведочных скважин в скважины гидроразрыва;
- повышение интенсификации газовой деления скважин за счёт применяемого оборудования.

Торопить нас должен и зарубежный опыт. В развитых странах проблеме утилизации шахтного метана уделяется серьёзное внимание. В Германии используется до 90 %, а в Чехии и Польше до 68 % от капируемого метана. В Соединённых Штатах Америки 15 фирм занимаются промышленной добычей метана из угольных пластов и оценивают рентабельность этой добычи выше рентабельности добычи угля.

Также из зарубежного опыта можно привести пример технологии обогащения

газовой смеси Nitech фирмы ВССК Engineering (США), основанной на последовательном удалении из метановоздушной смеси кислорода, углекислого газа, воды и азота. В результате обогащения из газовой смеси извлекается метан с концентрацией 99 %. Очищенный и осушенный таким образом метан может подаваться в сеть трубопроводов природного газа для дальнейшего использования в бытовых и производственных нуждах. Получаемый в процессе переработки газа сжиженный азот используется для охлаждения шахтного воздуха и для инертизации выработанного пространства при обработке самовозгорающихся пластов.

Выводы

Таким образом, суммируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Требования сегодняшнего дня к бизнесу и экономике тесно увязаны с проблемами экологии. Уменьшение выбросов метана на 10–20 % от существующего уровня способно уменьшить скорость потепления атмосферы Земли на 1 °С за столетие, а это составит 25 % от прогнозируемого уровня потепления.
2. Снижение содержания метана в шахтной атмосфере позволит не только сократить до минимума потенциальную возможность взрывов метана и улучшить состояние техники безопасности и условий труда, но и, сняв ограничения по газовому фактору, повысить темпы проведения подготовительных горных работ, увеличить нагрузку на очистные забои и, соответственно, увеличить объёмы добычи угля, повысить эффективность горнодобывающего предприятия.
3. Замена твёрдого топлива шахтным метаном позволит до 40 % уменьшить объёмы вредных выбросов в атмосферу.
4. При выработке тепловой энергии необходимо будет также учитывать сезонное её потребление, а в летний период также необходимо будет предусматривать и тригенерацию, предусмотренную в технологических целях.
5. Для решения рассмотренных выше проблем необходимо будет решать целый комплекс вопросов, касающихся не только технической стороны, но и научной, а также подготовки высококвалифицированных кадров. ●

Источником финансирования работ, направленных на развитие и улучшение качества системы дегазации угольных шахт, как для снижения уровня опасности ведения горных работ, так и для эффективного внедрения установок промышленной утилизации метана, могут являться долгосрочные инвестиционные программы, основанные на проектах в рамках как Киотского, так и Парижского протоколов

1. von Weizsäcker E.U., Wijkman A. Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. Prepared for the Club of Rome's 50th Anniversary in 2018. Springer. 2018. 220 p.
2. Ильяшов М.А., Левит В.В., Филатов Ю.В. Очерки о метаноугольной отрасли: понятно о сложном и важном. — Киев: Наукова думка, 2011. 280 с.
3. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединённых Наций об изменении климата. Принят 11.12.1997. — Киото, Япония: ООН, 1998. References — see page 95.

Cogeneration power industry of Donbass: modernity and prospects for utilization of mine methane. Pp. 90–93.

Alexander N. Rak, PhD, Associated Professor; **Sergey V. Shlepnev**, PhD, Associated Professor, Donetsk National Technical University (Donetsk city)

1. von Weizsäcker E.U., Wijkman A. Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. Prepared for the Club of Rome's 50th Anniversary in 2018. Springer. 2018. 220 p.
2. Il'jashov M.A., Levit V.V., Filatov Ju.V. *Ocherki o metanougol'noj otrasli: ponjatno o slozhnom i vazhnom* [Essays on the methane-coal industry: it is clear about the complex and important]. Kiev. *Naukova dumka* ["Scientific idea" Publishers]. 2011. 280 p. [In Russian]
3. *Kiotskij protokol k Ramochnoj konvencii Organizacii Ob#edinennyh Nacij ob izmenenii klimata* [Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change]. Adopted on December 11, 1997. Kyoto, Japan. *Organizacia Ob#edinennyh Nacij* [United Nations]. 1998. [In Russian]