

Концептуальные основы методологии проектирования угольных производств с когенерационными технологиями

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-5-34-36>

АГАФОНОВ В.В.

Доктор техн. наук, профессор
кафедры «Геотехнология освоения недр»
Горного института НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия
e-mail: mstmu-prpm@yandex.ru

МАСКАЕВ К.В.

Горный инженер
кафедры «Геотехнология освоения недр»
Горного института НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия

БЫЧКОВ А.С.

Горный инженер
кафедры «Геотехнология освоения недр»
Горного института НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия

АЛИМОВ В.А.

Горный инженер
кафедры «Геотехнология освоения недр»
Горного института НИТУ «МИСиС»,
119049, г. Москва, Россия

Обоснована актуальность проведения исследований в области проектирования угольных производств с использованием когенерационных технологий, направленных на повышение технико-экономической эффективности их функционирования. Рассмотрены направления утилизации и переработки сопутствующего газа метана с использованием стирлинг-технологий с получением конечного продукта в виде СПГ. Рассмотрены основные технологические процессы производства сжиженного природного газа и принципиально важные отличительные особенности технологии Стирлинга. Описаны основные ограничения при выборе криогенного цикла и технологии сжижения.

Ключевые слова: стирлинг-технологии, шахтный метан, сжиженный природный газ, газомоторное топливо, криогенератор, автосамосвалный транспорт.

Для цитирования: Концептуальные основы методологии проектирования угольных производств с когенерационными технологиями / В.В. Агафонов, К.В. Маскаев, А.С. Бычков и др. // Уголь. 2023. № 5. С. 34-36. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-5-34-36.

ВВЕДЕНИЕ

В большинстве случаев разработки угольных месторождений сопутствующим георесурсом выступает газ метан (CH_4), причем объемы его выделения в мировом масштабе оцениваются в 20-21 млрд $\text{м}^3/\text{год}$. Значимость его учета при реализации производственных процессов угледобычи обусловлена двумя аспектами, которые нельзя не учитывать и игнорировать [1]:

– первый аспект связан с промышленной безопасностью ведения подземных горных работ, так как этот газ при образовании взрывоопасных концентраций 8-14% в метановоздушной смеси приводит к техногенным катастрофам с большими людскими и экономическими потерями;

– второй аспект связан с экологической составляющей, так как этот газ занимает второе место в формировании парникового эффекта и разрушении озонового слоя на планете, причем его агрессивность в 20 и более раз выше, нежели первой составляющей – диоксида углерода.

В России фактически утилизируется всего лишь чуть более 4% всего метана, который выделяется в процессе ведения под-

земных горных работ. В связи с этим, вновь разрабатываемые технологии извлечения угольного метана должны быть увязаны с максимально возможным, экономически оправданным его извлечением из недр и технологиями его практического использования, при учете формирования тенденций резкого снижения его эмиссии в соответствующие слои атмосферы, и должны основываться на концепции единой технологической платформы.

Из исследований следует, что утилизация добытого метана может осуществляться в нескольких направлениях когенерации, в частности, получения промышленных объемов сжиженного природного газа (СПГ) [2].

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Производство СПГ в промышленных масштабах базируется на технологии его ожижения, в основе которой лежат технологические процессы охлаждения компонентов смеси природного газа до граничной конечной точки конденсации. Данная технология ожижения реализуется в специальных промышленных холодильных установках с сопутствующим подобранным хладагентом. Основные параметры технологического процесса ожижения шахтного метана выглядят следующим образом: криогенная температура (-162°C) и давление (0,1 МПа). Количественные значения этих параметров объясняют очевидные обстоятельства отсутствия до настоящего времени экономически приемлемых технологий производства сжиженного шахтного метана.

На основе проведенных авторами исследований выявлено, что наиболее приемлемыми в плане перспективности и экономичности технологиями получения сжиженного шахтного метана являются стирлинг-технологии. Основой их функционирования является цикл Стирлинга, осуществляемый в криогенных газовых устройствах (криогенераторах, оснащенных контурами внешнего охлаждения тепловых процессов). Данные криогенераторы работают с газами с максимальной температурой конденсации -200°C, что является определяющим фактором для ожижения шахтного метана (температура ожижения - -162°C) [3].

Основной отличительной особенностью технологии Стирлинга является технологическая возможность достижения 100% порога сжижения при заявленных параметрах температуры и давления, что обуславливает отсутствие в конструктивном исполнении сбросовых продукционных трубопроводов, предназначенных для удаления несжиженных объемов газа, в отличие от промышленных установок дроссельно-детандерного типа и вихревых труб.

Рациональный уровень производительности в 1,0 т/ч связан в этом случае с использованием как традиционных способов ожижения (цикл дроссельно-детандерного типа и цикл вихревой трубки Ранка), так и сравнительно инновационных (комбинаторика тепловых процессов в контурах внешнего и внутреннего охлаждения). При использовании последних способов процесс внутреннего охлаждения включает изобарное расширение метана, а процесс внешнего охлаждения – использование конденсатора.

Существующие технологические процессы производства сжиженного природного газа предусматривают нали-

Технологические процессы производства сжиженного природного газа

Process flows in liquefied natural gas production

Технологический процесс	Число технологических линий	Общая производительность, млн т/год
Классический каскад	4	2,2
CROCP	8	29,5
TEALARC	3	2,55
PRISO	3	3,35
APCI SMR	4	3,0
APCI C3-MR	71	156,5
APCI C3-MR/Split MR	9	37,9
APCI AP-X	6	46,8
Statoil/Linde MFC	1	4,3
Shell DMR	4	18,4
Итого:	113	304,5

чие разнообразных модификаций циклов. Самыми востребованными являются циклы сжижения с использованием в качестве хладагентов углеводородных газов или азота со степенью сжижения около 97%. Широко используется технология, основанная на циклах со смесями хладагентов [4]. В таблице приведена статистика использования технологических процессов сжижения в мировой практике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного анализа тенденций и закономерностей использования стирлинг- и когенерационных технологий, технологий перевода работы грузового транспорта, обслуживающего угледобывающие предприятия, на газодизельный режим работы в мире, трендов и перспектив развития установлено, что существуют реальные предпосылки повышения технико-экономической эффективности угледобывающих предприятий за счет проектирования и внедрения технологических систем с использованием технологий ожижения шахтного газа метана для заправки автомобильного транспорта и использованием его в качестве первичного источника энергии в мобильных газопоршневых когенерационных ТЭЦ для выработки электрической и тепловой энергии.

Список литературы

1. Гайворонский А.И., Горбунов М.В. Техничко-технологические решения проектов сжижения метана угольных пластов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023. №. 1. С. 63-75.
2. Самсоненко И.А. Перспективы сжижения и использования шахтного метана в качестве моторного топлива // Булатовские чтения. 2018. Т. 5. С. 273-274.
3. Федорова Е.Б., Хайдина М.П., Мамаева Т.А. Исследование процесса сжижения метана угольных отложений // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2012. №. 4. С. 14-19.
4. Wlodek T. Prediction of boil-off rate in liquefied natural gas storage processes / 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017. Section Oil and Gas Exploration. 2017. P. 405-413. DOI: 10.5593/sgem2017H/15/S06.051.

Original Paper

UDC 622.013.3 © V.V. Agafonov, K.V. Maskaeв, A.S. Bychkov, V.A. Alimov, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 5, pp. 34-36
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-5-34-36>

Title

CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF THE METHODOLOGY FOR DESIGNING COAL-FIRED PLANTS WITH COGENERATION TECHNOLOGIES

Authors

Agafonov V.V.¹, Maskaeв K.V.¹, Bychkov A.S.¹, Alimov V.A.¹

¹ Federal National Independent Educational Institution of Higher Education "National University of Science and Technology MISIS" (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation

Authors Information

Agafonov V.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of "Geotechnologies of Subsurface Development" Mining Institute, e-mail: mism-prpm@yandex.ru

Maskaeв K.V., Mining engineer of the Department of "Geotechnologies of Subsurface Development", Mining Institute

Bychkov A.S., Mining engineer of the Department of "Geotechnologies of Subsurface Development", Mining Institute

Alimov V.A., Mining engineer of the Department of "Geotechnologies of Subsurface Development", Mining Institute

Abstract

The relevance of research in the field of designing coal-fired plants using cogeneration technologies aimed at improving the technical and economic efficiency of their efficiency is substantiated. The directions of utilization and processing of the associated methane gas using Stirling technologies to obtain the final product in the form of LNG are considered. The main technological processes of liquefied natural gas production and fundamentally important distinctive features of Stirling technology are considered. The main limitations in the choice of cryogenic cycle and liquefaction technology are described.

Keywords

Stirling technologies, Mine methane, Liquefied natural gas, Gas engine fuel, Cryogenerator, Dump truck transport.

References

1. Gaivoronsky A.I. & Gorbunov M.V. Technical and technological solutions for coalbed methane liquefaction projects. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Mashinostroenie*, 2023, (1), pp. 63-75. (In Russ.).
2. Samsonenko I.A. Prospects of liquefaction and use of mine methane as a motor fuel. *Bulatovskie chteniya*, 2018, (5), pp. 273-274. (In Russ.).
3. Fedorova E.B., Haidina M.P. & Mamaeva T.A. Investigation of the methane liquefaction process of coal deposits. *AutoGazoZapravochnyj kompleks + Alternativnoe toplivo*, 2012, (4), p. 14-19. (In Russ.).
4. Wlodek T. Prediction of boil-off rate in liquified natural gas storage processes. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017/ Section Oil and Gas Exploration, 2017, pp. 405-413. DOI: 10.5593/sgem2017H/15/S06.051.

For citation

Agafonov V.V., Maskaeв K.V., Bychkov A.S. & Alimov V.A. Conceptual foundations of the methodology for designing coal-fired plants with cogeneration technologies. *Ugol'*, 2023, (5), pp. 34-36. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-5-34-36.

Paper info

Received March 20, 2023

Reviewed April 15, 2023

Accepted April 27, 2023



**МУФТА
ПРО**

ООО «МУФТА ПРО»
 +7 (499) 394 66 60
muftapro@gmail.com
muftapro.ru / muftapro.com

Системы быстрой заправки

Мы предлагаем:

- Краны топливозаправочные
- Заправочные и вентиляционные клапаны
- Счетчики и насосы
- Заправки (АЗС) и топливозаправщики со скоростью заправки до 1500 л/мин
- Эксплуатация от -60 С до +50 С



РЕКЛАМА