

С целью сопоставительного анализа результатов для исследования взяты три типа газообразного топлива.

Экологическая оценка использования местных углей проводилась применительно к

теплоэнергетической установке ПГУ-170. Результаты расчета с использованием программы Boiler Designer состава уходящих газов приведена в табл. 2

При отсутствии серы в исходном топливе максимальная доля загрязнений природы падает по окислам азота. В табл. 3 даны результаты выбросов оксидов азота установкой ПГУ-170.

Результаты показывают, что синтетический газ выигрывает по экологическим показателям природному газу на 24 % по суммарному выбросу и на 6 % по массовой концентрации.

При сжигании водорода суммарное количество оксидов азота в 10 раз ниже, чем в природном газе.

Список литературы

1. Лапицкий К.С., Малахов А.А. Экологическая оценка использования продуктов газификации на ТЭС. Международный студенческий вестник. – 2015. – №3(1). – С. 46.

ГИБРИДНАЯ СТАНЦИЯ (ГИБЭС) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСТЫХ УГОЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Малыхин А.А., Малунова Д.В.

ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Комсомольск-на-Амуре,
e-mail: ido@knastu.ru

Международное энергетическое агентство /International Energy Agency/ прогнозирует умеренный рост спроса на уголь в развитых странах и интенсивный рост спроса в развивающихся странах. Спрос на уголь может удвоиться к 2050 году, превысив 28 % мировых поставок энергоносителей. В то же время прямое сжигание угля ведет к существенному загрязнению атмосферы.

Решение проблемы, в том числе, сокращение выбросов парниковых газов к 2050 году до уровня рекомендуемого межправительственной группой экспертов по изменению климата, может быть достигнута использованием новых угольных технологий с низ-

Таблица 1

Состав исходного рабочего тела

Наименование газа	Обозначение	Состав газа подаваемого в ГТУ в процентах		
		Природный газ	Синтез газ	Водород
Метан	CH ₄	94	1,5	-
Этан	C ₂ H ₆	3	-	-
Пропан	C ₃ H ₈	1	-	-
Бутан	C ₄ H ₁₀	1	-	-
Азот	N ₂	1	1,7	-
Водород	H ₂	-	56,3	100
Двуокись углерода	CO ₂	-	11,7	-
Окись углерода	CO	-	28,8	-
Оксид серы	SO ₂	-	-	-
Теплотворная способность топлива, МДж/кг	Q _H ^p	49,520	15,509	119,978

Таблица 2

Состав выхлопных газов ГТУ

Наименование	Обозначение	Природный газ	Синтез газ	Водород
Массовая доля продуктов сгорания, %:				
Азот	N ₂	0,73	0,71	0,74
Водяные пары	H ₂ O	0,06	0,24	0,09
Двуокись углерода	CO ₂	0,06	0,04	-
Кислород	O ₂	0,14	-	0,16
Аргон	Ar	0,01	0,01	0,01

Таблица 3

Результаты расчетов выбросов оксида азота от газотурбинной установки

Вид топлива	Массовая концентрация оксида азота C _{NO₂} , мг/м ³	Суммарное количество оксидов азота M _{NO_x} , г/с / т/г
Природный газ	234,5	32,6/1028
Синтез газ	221,4	24,2/763,2
Водород	195,4	3,193/101

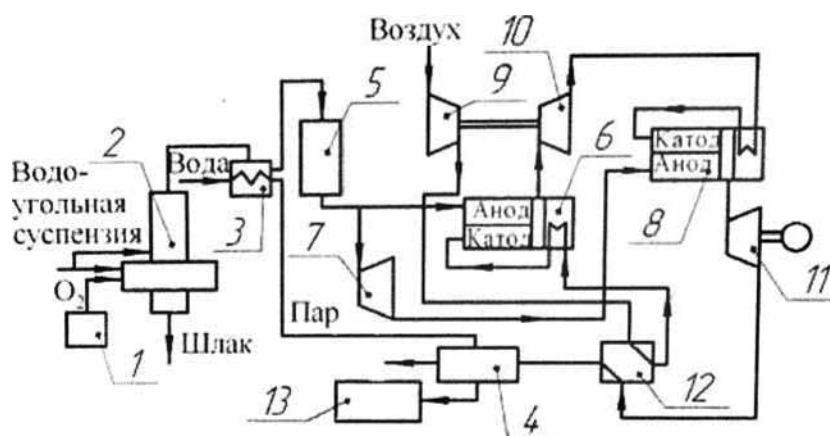
ким уровнем выбросов. Одна из групп чистых технологий добычи и переработки угля – комбинированные циклы с внутренней газификацией угля/КЦВГ/.

Существуют различные схемы практического и технического воплощения КЦВГ, из которых максимальной термодинамической эффективностью обладает схема КЦВГ с твердоокисными топливными элементами /ТОТЭ/. Промышленные энергетические установки /ЭУ/, реализующие схемы КЦВГ с ТОТЭ, могут работать на твердом топливе и на природном газе. В угольных гибридных установках исходное топливо подвергается газификации с получением водорода или синтез газа, а в установках на природном газе – риформенту /паровой конверсии/ с получением тех же газов.

На рисунке представлена схема энергоустановки КВЦГ с ТОТЭ.

Водоугольная суспензия и кислород из установки разделения воздуха направляются в газификатор угля. Продукты газификации (синтез-газ) и вода поступают в газоохладитель, в котором вырабатывается пар, перегреваемый далее в котле – утилизаторе. Охлажденный синтез-газ очищается от соединений серы в системе очистки и разделяется затем на два потока. Один направляется в ТОТЭ высокого давления, другой – в турбодетандер, где происходит его расширение до давления в ТОТЭ низкого давления. Воздух, сжатый в компрессоре и подогретый сначала отработавшими газами турбины низкого давления (ТНД) в регенераторе, а затем выходящими из ТОТЭ-ВД газами, служит окислителем в ТОТЭ-ВД.

Газы, покидающие ТОТЭ-ВД, расширяются в турбине высокого давления (ТВД). Далее они используются в качестве окислителя в ТОТЭ-НД, куда



1 – установка разделения воздуха; 2 – газификатор; 3 – газоохладитель; 4 – котел-утилизатор; 5 – система очистки газа от соединений серы; 6 – ТОТЭ-ВД; 7 – турбодетандер; 8 – ТОТЭ-НД; 9 – компрессор; 10 – ТВД; 11 – ТНД; 12 – регенератор; 13 – цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара

В состав установки входят газификатор, ТОТЭ, модули которого работают при двух разных давлениях, газотурбинная установка (ГТУ) с регенерацией и промежуточным подводом тепла и паротурбинная установка (ПТУ) с промежуточным перегревом пара. Модули ТОТЭ, работающие при высоком (ВД) и низком (НД) давлениях, замещают собственно камеру сгорания (КС) высокого и низкого давления.

подается дополнительное топливо. Образовавшиеся продукты сгорания служат рабочим телом ТНД. Отработавшие в ней газы поступают в регенератор и далее в котел-утилизатор. Пар из котла направляется в паровую турбину.

Ниже дана оценка затрат на промышленные энергетические установки КВЦГ с ТОТЭ, подготовленная МЭА для существующих и перспективных производственных технологий (таблица).

Оценка затрат на промышленные энергетические установки КВЦГ с ТОТЭ

Топливо и технология	Стартовый год	Инвестиционные расходы, \$/кВт	Эффективность, %	Потери КПД, %	Дополнительное топливо, %	Эффективность улавливания, %	Себестоимость улавливания, \$/т CO ₂	Стоимость электро-энергии, цент/кВт·ч	Себестоимость электроэнергии
Уголь, КУВТ и ТОТЭ	2035	2100	56	–4	7	100	37	6.00	3.75
Газ, КУ и ТОТЭ	2030	1200	66	–4	6	100	54	5.38	3.75

Список литературы

1. Лапицкий К.С., Малыхин А.А. Структурные схемы и технико-экономические показатели гибридных электростанций (часть 2) // Современная технология. – 2014. – №5(1). – С. 144-145.
2. Чистые технологии добычи и переработки угля. Coal industry advisory board // CIAB/ МЭА, 2010. – 56 с.

**ТЭС ДЛЯ КОМСОМОЛЬСКА-НА-АМУРЕ
ХАБАРОВСКОГО КРАЯ**

Малыхин А.А., Малунова Д.В.

ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет», Комсомольск-на-Амуре,
e-mail: ido@knastu.ru

Город Комсомольск-на-Амуре Хабаровского края – промышленный центр Дальневосточного региона располагает тремя тепловыми электроцентралями соответственно КТЭЦ-1, КТЭЦ-2 и КТЭЦ-3. Срок службы агрегатов электростанций составляет от 30 до 70 лет. Постепенная замена основного оборудования в ближайшие годы неизбежна, особенно в свете обращения президента к Федеральному собранию России 2015 года, в котором указывается на увеличение роли Комсомольска-на-Амуре в дальнейшем развитии региона и государства.

Структура топливного баланса энергоисточников Хабаровского края за 2014 год приведена в табл. 1.

Структура угля, используемого на энергоисточниках энергосистемы Хабаровского края, по видам используемого топлива в табл. 2.

Из приведенных данных следует, что в структуре используемых углей велика доля нерюнгринского угля (56,33%), сжигаемого на Хабаровской ТЭЦ-3, далее следует местный ургальский уголь, затем – угли Восточно-Сибирских месторождений.

Согласно «Целевому видению стратегии развития энергетики России на период до 2030 года» чистые угольные технологии должны быть существенной частью энергетики страны, в том числе, Дальневосточного региона. Доля газа в используемом органическом топливе России будет снижаться с 68% в настоящее время до 58-44% в 2030 году с ростом доли угля с 25% до 38-48%.

Технико-экономический и экологический анализ возможных путей модернизации ТЭС города Комсомольска-на-Амуре, проведенный коллективом преподавателей и студентов Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета показывает, что рациональный путь состоит в реновации действующих ТЭЦ. В данном случае – реновация установка парогазовых агрегатов с внутрицикловой газификацией угля на действующих производственных площадях с сохранением магистралей.

Расчеты по оптимальному прогнозу приводят к результатам изложенным в табл. 3.

Таблица 1

Структура топливного баланса энергоисточников ОАО «ДГК» Хабаровского края

Вид топлива	2014 г.
Уголь, %	36,74
Природный газ, %	62,78
Мазут, %	0,24
Дизельное топливо, %	0,25

Таблица 2

Виды углей, используемых электростанциями и котельными филиалами
ОАО «ДГК» – «Хабаровская генерация» и «ХТСК» за 2014 год

Вид угля	Годовой расход угля, тыс. т у.т.	% от общего объема угля
Всего	1520,1	100
Местный уголь:		
Ургальский	483,7	31,82
Привозной уголь:		
Дальневосточные угли:		
Нерюнгринский	856,3	56,33
другие	117,5	7,73
Восточно-Сибирские угли:		
Харанорский	1,7	0,11
Переясловский	6,4	0,42
Хакасский	54,5	3,59

Таблица 3

Технико-экономический анализ возможных путей модернизации ТЭС

ТЭЦ	Мощность, МВт	Срок завершения работ
КТЭЦ-1	ПГУ-30..40-1 шт.	2020
КТЭЦ-2	ПГУ-60..70 – 2 шт.	2025
КТЭЦ-3	ПГУ-170..200- 4 шт.	2035