

**УДК 669.184.15****Д.В. СТАЛИНСКИЙ**, д.т.н., профессор, генеральный директор,**Ю.Г. БАННИКОВ**, заместитель генерального директора,**А.П. ТРОФИМОВ**, заместитель директора структурного подразделения,**Н.И. ПАЛАМАРЧУК**, главный инженер проекта

Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ (ТОПЛИВНЫХ ГАЗОВ) МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье рассмотрены мероприятия по использованию доменного, конвертерного и коксового газов для производства электрической энергии на газотурбинной электростанции комбинированного цикла.

вторичные топливные газы, доменный газ, конвертерный газ, коксовый газ, газотурбинная электростанция, электроэнергия, экономия, газгольдер, газовый смеситель

В современных условиях постоянного роста цен на основные энергоносители – природный газ, электроэнергию и др. – повышается необходимость во внедрении эффективных энергосберегающих технологий по использованию вторичных энергоресурсов.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) – это энергия различных видов, получаемая в технологическом процессе или при работе установки, использование которой не является обязательным для осуществления основного технологического процесса. Экономически **ВЭР** представляют собой побочную продукцию, которая при соответствующем уровне развития техники может быть частично или полностью использована для нужд новой технологии или энергоснабжения других агрегатов (процессов) на самом предприятии или за его пределами.

Промышленность Украины потребляет около 65–70 % производимой в стране электроэнергии, при этом энергоёмкость производства в отечественной промышленности превышает аналогичный показатель развитых стран в два раза и более. Одной из причин такого положения является отсутствие или низкоэффективное использование ВЭР при наличии значительного их потенциала на предприятиях Украины.

Одним из направлений эффективного решения вопроса энергосбережения является использование вторичных горючих газов, получаемых в технологических процессах металлургического и коксохимического производств, – доменного, конвертерного и коксового.

Реализация энергосберегающих мероприятий на предприятиях горно-металлургического комплекса Украины, предусмотренных «Отраслевой программой

энергосбережения и энергоэффективности на период до 2017 года», позволит уменьшить расход топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на 9,2 млн т у.т. год. Расчеты показывают, что более четверти общей экономии ТЭР (2,4 млн т у.т./год) может быть достигнуто за счет использования вторичных энергоресурсов.

Одним из наиболее эффективных мероприятий по использованию ВЭР является строительство газотурбинной электростанции комбинированного цикла, объекты инфраструктуры которой впервые в странах СНГ спроектированы УкрГНТЦ «Энергосталь» для ОАО «Алчевский металлургический комбинат» (ОАО «АМК») [1].

Доменный и коксовый газы в настоящее время используются как топливо на заводских ТЭЦ, в нагревательных печах прокатных станов, на подогрев доменного дутья в воздухонагревателях доменных печей, на аглофабриках, в установках вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) для сушки угля. Конвертерный газ как топливо на металлургических предприятиях Украины совсем не используется.

Для использования энергетического потенциала вторичных топливных газов впервые в Украине на ОАО «АМК» сооружается комплекс газотурбинной электростанции комбинированного цикла (ГТС КЦ) мощностью 303 МВт.

В результате реконструкции основного производства ОАО «АМК» увеличивается выработка вторичных горючих газов, часть которых может быть использована для выработки электроэнергии:

- доменный газ – 500 000 $\text{нм}^3/\text{час}$,
- конвертерный газ – 65 000 $\text{нм}^3/\text{час}$,
- коксовый газ – 42 000 $\text{нм}^3/\text{час}$.

Смесь топливных газов в количестве 607 000 $\text{м}^3/\text{час}$ с теплотворной способностью 4396 $\text{кДж}/\text{м}^3$ (1050 $\text{ккал}/\text{м}^3$) дает возможность вырабатывать 303 МВт электроэнергии на двух парогазовых установках по 151,5 МВт каждая, что позволит уменьшить потребление комбинатом электроэнергии из энергосистемы и вывести из эксплуатации часть технически и морально устаревших паровых турбогенераторов на ТЭЦ, у которых КПД не превышает 23–25 %, и использовать для получения доменного дутья современные электровоздуходувки вместо воздуходувок с паровым приводом.

После ввода в эксплуатацию газотурбинной электростанции суммарной мощностью 303 МВт потребление электроэнергии комбинатом из энергосистемы снизится до 50 МВт.

Газотурбинная электростанция комбинированного цикла (ГТС КЦ)

Основным оборудованием ГТС КЦ являются две парогазовые установки (ПГУ), единичной мощностью 151,5 МВт каждая (производство японской фирмы «Mitsubishi»). В перспективе планируется увеличение общей мощности ГТС КЦ до 454,5 МВт путем ввода в эксплуатацию третьей ПГУ мощностью 151,5 МВт. КПД установки составляет 44 %.

Основная топливная составляющая смеси газов, используемых в газовой турбине, – доменный газ.

В настоящее время на ОАО «АМК» используется более 50 % всего вырабатываемого доменного газа. Остальной доменный газ в количестве около 500 тыс. $\text{м}^3/\text{час}$ сжигается на существующих газосбросных устройствах. Конвертерный газ, получаемый с двух конвертеров емкостью по 300 т, в настоящее время сжигается на факельных стойках конвертерного цеха. В дальнейшем – со строительством ГТС КЦ – весь кондиционный конвертерный газ будет использоваться для получения электроэнергии.

Дополнительно в смеси газов предусматривается использование излишков коксового газа, вырабатываемого на коксовых батареях ОАО «Алчевсккокс».

Основное оборудование ПГУ – является осевой компрессор, газовая турбина, паровая турбина, электрогенератор, находящиеся на одном валу.

Смесь топливных газов (доменного, коксового и конвертерного) после газового смесителя поступает на вход в мокрый электрофильтр для очистки от твердых и жидких частиц и далее – в газовый компрессор. В газовом компрессоре топливный газ сжимается и нагревается до температуры $\sim 450^\circ\text{C}$, затем направляется в газовую турбину.

Горячий рабочий газ после камеры сгорания расширяется в газовой турбине, тепловая энергия рабочего

газа преобразуется в механическую, используемую для привода генератора переменного тока. Отработанный газ после газовой турбины через выходной газопровод направляется в котел-утилизатор, где вырабатывается пар высокого и низкого давления, который направляется в паровую турбину, входящую в состав ПГУ.

На собственные нужды ГТС КЦ мощностью 303 МВт потребляет электроэнергию порядка 14 МВт/час.

Объекты инфраструктуры газотурбинной электростанции комбинированного цикла

В Украине газотурбинная электростанция комбинированного цикла, работающая на вторичных топливных газах, строится впервые, как и комплекс объектов инфраструктуры для подачи вторичных топливных газов.

Эксплуатация газотурбинной электростанции на вторичных металлургических газах обуславливается высокими требованиями по надежности и безопасности работы основного и вспомогательного оборудования.

Одним из основных условий надежной и безопасной работы является бесперебойное и стабильное снабжение ГТС КЦ вторичными металлургическими топливными газами в необходимом количестве и с требуемым качеством (температура, давление, калорийность, запыленность). Это особенно важно в условиях изменяющегося режима выработки этих топливных газов их источниками и колебаний их теплотехнических характеристик во времени.

Выполнение этих требований обеспечивается оптимальными проектными решениями по системе поставки металлургическим комбинатом вторичных металлургических газов для ГТС КЦ.

Для сбора вторичных топливных газов от различных источников и подачи их в ГТС КЦ служит система газопроводов с регулирующей и запорной арматурой, газгольдеры и газоповысительные станции.

Вся сложность данной схемы (рис. 1, 3) состоит в том, что система сбора и транспортировки топливных газов проектируется и строится в условиях действующего предприятия. На одной трассе топливных газов прокладываются газопроводы диаметром 3700 мм, 3200 мм, 1000 мм, 2600 мм, а также трубопроводы для существующих и проектируемых объектов ОАО «АМК».

Для сглаживания колебаний, связанных с изменяющимся выходом газа и обеспечения его равномерной подачи на газотурбинную электростанцию впервые в Украине применена буферная система газгольдеров большого объема:

- доменного газа – 100 тыс. м^3 ,
- конвертерного газа – 80 тыс. м^3 ,
- коксового газа – 50 тыс. м^3 .



Доменный газ, который является основной топливной составляющей смеси газов, используемых в ПГУ, от четырех существующих домен собирается в общую систему газопроводов доменного газа комбината. Давление в газопроводах создается за счет остаточного напора газа после газоочисток доменных печей (1200–1300 мм вод. ст.) и стабильно поддерживается газгольдером емкостью 100000 м³ (рис. 2).

Весь объем доменного газа, необходимый для работы газотурбинных установок, проходит через газгольдер для предотвращения застоя и, как следствие, охлаждения в зимнее время или перегрева в теплый период года.

На выходе из газгольдера доменный газ смешивается с конвертерным газом в специальном газовом смесителе, далее смешанный газ подается по газопроводу на ГТС КЦ.

Конвертерный газ от двух конвертеров емкостью 300 т каждый по газоотводящему тракту поступает на электрофильтры для очистки. Очищенный до конечной запыленности – 30 мг/м³ – конвертерный газ периодически (при продувках конвертеров) подается через систему клапанов (клапанную станцию) в газоохладители, где температура его снижается до 60 °С, после чего он направляется в газгольдер конвертерного газа.

В газгольдере постоянное давление газа поддерживается поршнем газгольдера и за счет напора, создава-

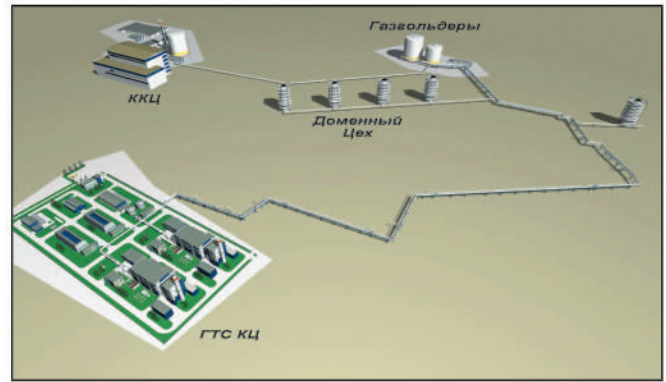


Рисунок 1 – Газотурбинная электростанция с объектами инфраструктуры



Рисунок 2 – Газгольдеры доменного и коксового газов

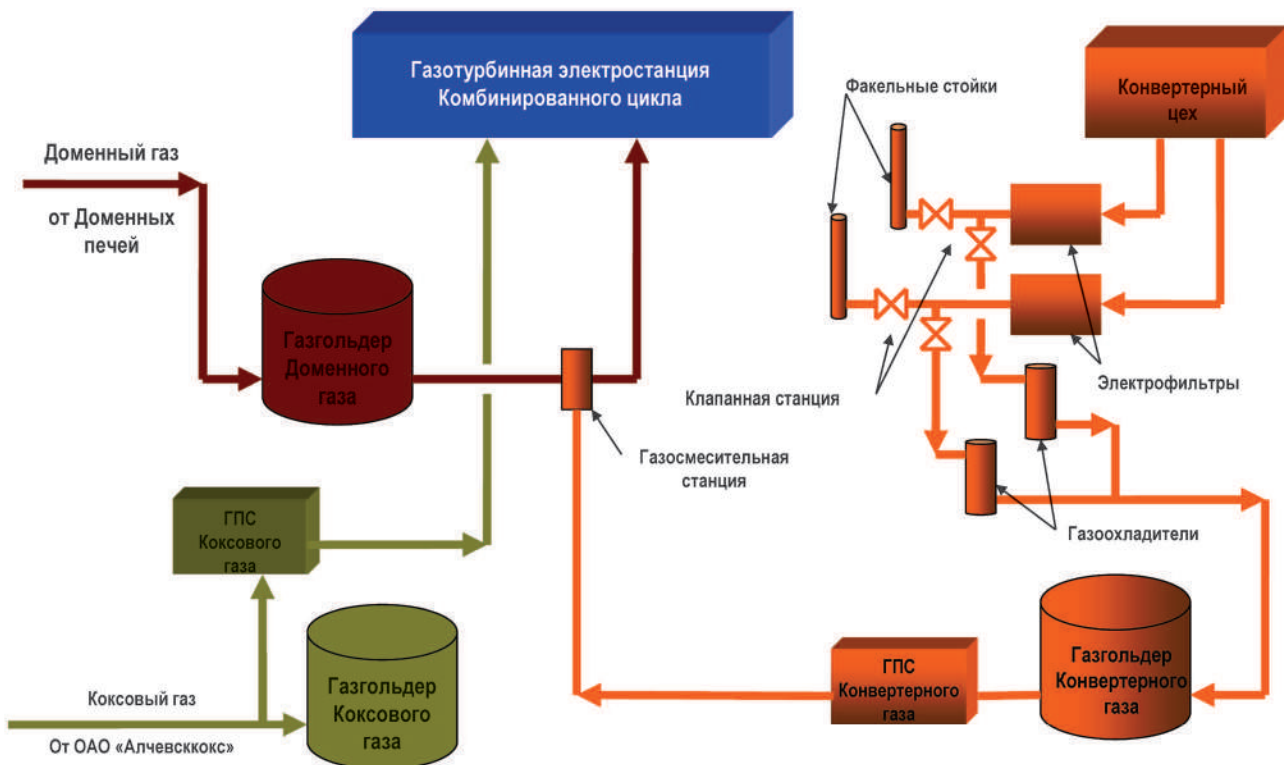


Рисунок 3 – Упрощенная принципиальная схема газотранспортной системы снабжения топливными газами ГТС КЦ

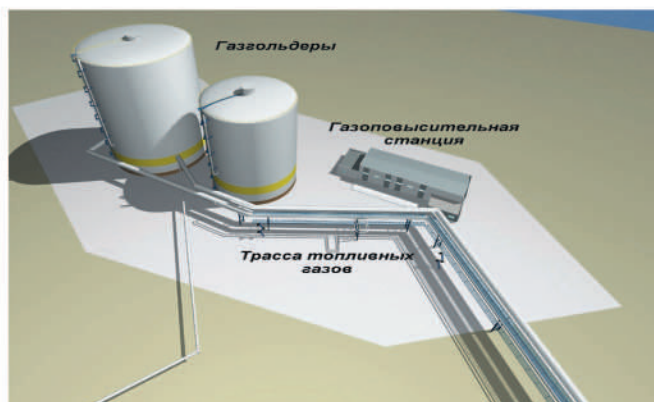


Рисунок 4 – Газгольдеры доменного и коксового газа с газоповысительной станцией

емого дымососами газоочисток. Из газгольдера газ поступает на вход газодувок (бустер-компрессоров), где его давление повышается для передачи на смеситель.

Оборудование газоповысительной станции было выбрано из расчета требуемого расхода и давления газа в конечной точке (т.е. перед газосмесительной станцией) с учетом гидравлических потерь по трассе протяженностью 1300 м.

Как топливо для выработки электроэнергии используется только кондиционный газ, т.е. с содержанием CO более 30 %.

Коксовый газ, являющийся третьей топливной составляющей, подается по газопроводу от предприятия ОАО «Алчевсккокс» на вход газодувок (бустеров) коксового газа. К этому газопроводу «на тупик» подключен газгольдер коксового газа, который поддерживает его стабильное давление перед газодувками и является буферной емкостью при изменении потока газа от источника (рис. 2, 4).

В газоповысительной станции давление газа повышается газодувками до величины, необходимой по условиям работы газовой турбины электростанции с учетом гидравлических потерь по трассе. Протяженность трассы составляет 1700 м.

В случае сокращения потребления коксового газа на электростанции предусматривается сброс избыточного количества газа в сеть комбината.

Дополнительные решения

В связи с возникшими трудностями финансирования строительства объектов инфраструктуры на ОАО «АМК» была рассмотрена (в качестве первого этапа) возможность пуска и работы 1-го блока ГТС КЦ мощностью 151,5 МВт на коксовом и доменном газе (без конвертерного газа).

В таком случае увеличивается количество коксового газа для поддержания теплотворной способности смеси газов 4396 кДж/нм³ (1050 ккал/нм³).

Как показали расчеты, для работы 1-го блока ГТС КЦ требуется доменного газа – 250000 нм³/час; коксового – 27500 нм³/час.

Это решение позволит перераспределить средства для возможности завершения строительства объектов инфраструктуры ГТС КЦ в составе первого блока мощностью 151,5 МВт на коксодоменной смеси.

Объекты инфраструктуры сбора, хранения и транспортировки конвертерного газа отнесены ко второму этапу строительства с пуском второй турбины мощностью 151,5 МВт.

ВЫВОДЫ

ГТС КЦ – это современная и экономичная технологическая система, позволяющая наиболее эффективно утилизировать вторичные газы доменного и конвертерного производств и коксовый газ для обеспечения потребности предприятия в электроэнергии.

Внедрение комплекса газотурбинной электростанции целесообразно и необходимо как в экономическом отношении (уменьшение себестоимости продукции за счет выработки собственной электроэнергии), так и в социальном (создание дополнительных рабочих мест) и экологическом.

Строительство и эксплуатация ГТС КЦ на ОАО «АМК» обеспечит более 30 % от общего снижения ТЭР при использовании ВЭР на предприятиях горно-металлургического комплекса Украины.

УкрГНТЦ «Энергосталь» готов оказать помощь в реализации аналогичных проектов на предприятиях черной металлургии, имеющих избытки вторичных топливных газов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Использование вторичных энергетических ресурсов на предприятиях горно-металлургического комплекса / В.А. Ботштейн, Р.А. Перетятыко, А.Л. Каневский, А.Л. Скоромный, А.А. Слисаренко // Казантип-ЭКО-2010. Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровья человека, утилизация отходов: сборник трудов XVIII Междунар. науч.-практ. конф., 7–11 июня 2010 г., г. Щелкино, АР Крым : в 2 т. Т. 1 / УкрГНТЦ «Энергосталь». – Х. : НТМТ, 2010. – С. 23–27.

Поступила в редакцию 15.04.2010



У статті розглянуто заходи щодо використання доменного, конвертерного та коксового газів для виробництва електричної енергії на газотурбінній електростанції комбінованого циклу.

The article describes actions on use of blast-furnace, converter and coke oven gases for electric energy generation at gas turbine combined cycle power plant.