УДК 621.311

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПАРОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

¹Ростунцова И.А., ²Шевченко Н.Ю.

¹ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина», Саратов;

²ΦΓБОУ ВПО «Камышинский технологический институт» (филиал) ΦГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: kti@kti.ru

Проведен анализ современных парогазовых технологий на базе пылеугольной установки (ПГУ) конденсационной электрической станции (КЭС) с применением технологии сжигания твердого топлива в топках котлов с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС) и с газификацией угля в кипящем слое под давлением. Рассмотрены конструкции основных элементов схемы с ЦКС технологией и с газификацией угля в кипящем слое под давлением. Рассчитаны технико-экономические показатели пылеугольной установки на базе ПГУ-540. Проведен расчет целесообразности совместного сжигания угля и горючих вторичных энергоресурсов. Экономический эффект от внедрения проекта составляет 22 млн рублей. Оптимальное процентное соотношение угля и горючих вторичных энергетических ресурсов при совместном сжигании составляет 90% к 10%.

Ключевые слова: парогазовые технологии, пылеугольный блок, циркулирующий кипящий слой; газификация угля; горючие вторичные энергетические ресурсы

ANALYSIS OF MODERN COMBINED-CYCLE TECHNOLOGY WITH THE UTILIZATION OF SECONDARY ENERGY RESOURCES

¹Rostovtseva I.A., ²Shevchenko N.J.

¹Saratov state technical University named after Gagarin, Saratov; ²Kamyshin Institute of Technology (branch) of state educational institution of higher professional Education Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: kti@kti.ru

The analysis of modern combined-cycle technologies based on coal-fired (CCGT) condensing plant (IES) using the technology of solid fuel combustion in furnaces boilers with circulating fluidized bed (CFB) and coal gasification in a fluidized bed under pressure. The article describes the design of the main elements of the scheme c CFB technology and coal gasification in boiling-the next layer under pressure. Designed technical and economic performance of coal-fired plants based on PSU-540. Calculation of the feasibility of co-firing of coal and combustible secondary energy resources. The economic effect from implementation of the project is 22 million. The optimal percentage of coal and combustible secondary energy resource combustion is 90% to 10%.

Keywords: combined-cycle technology, coal-fired unit, circulating fluidized bed; coal gasification; fuel secondary energy resources

Использование низкосортного топлива с повышенной зольностью, с высоким содержанием серы и влажностью более 40% предъявляет повышенные требования к надежности работы котельных установок тепловых электрических станций, а также к обеспечению жестких экологических требований по выбросам в атмосферу золы, оксидов серы и азота.

Поэтому актуальной задачей является разработка и внедрение экологически чистых технологий сжигания твердого топлива в топках котлов с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС) [5]. С другой стороны, в последнее время возрос объем исследований [1, 4, 7, 9], относящихся к топкам с кипящим слоем под давлением (КСД). Основное достоинство таких топок состоит в возможности осуществления комбинированного цикла, когда генерируемый в котле пар используется в паровой турбине, а продукты сгорания, имеющие повышенное давление, используются

в газовой турбине. Такая схема повышает термодинамический КПД цикла, позволяет снижать габаритные размеры топочных устройств и уменьшать вредные выбросы в атмосферу. Изготовление котлов с КСД позволит почти на 60% сократить их габаритные размеры по сравнению с котлами обычного типа. В результате экономия на капитальных затратах составит 10%, а время, необходимое для строительства электростанций, сократится на 25%.

Цель исследования

Определить эффективность перевода пылеугольной энергетической установки конденсационной электрической станции на схему с внедрением технологии сжигания твердого топлива в топках котлов с циркулирующим кипящим слоем и с газификацией угля в кипящем слое под давлением.

Выявить целесообразность совместного сжигания угля и горючих вторичных энергоресурсов.

Результаты исследования и их обсуждение

Для пылеугольного блока мощностью 540 МВт с турбинами K-225-12,8 рассмотрена технико-экономическая целесообразность перехода на схему с внедрени-

ем технологии сжигания твердого топлива в топках котлов с циркулирующим кипящим слоем и с газификацией угля в кипящем слое под давлением [4].

Конструкции основных элементов схемы представлены на рис. 1.

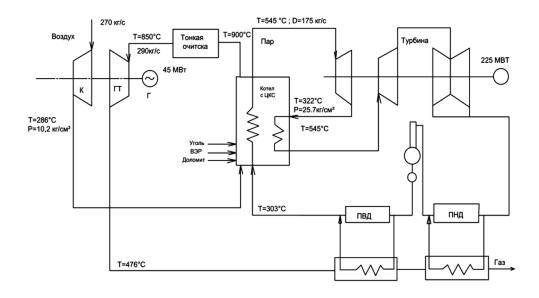


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема ПГУ-540 МВт с ЦКС- технологией и с газификацией угля в кипящем слое под давлением ПВД — регенеративные подогреватели высокого давления; ПНД — подогреватели низкого давления; ВЭР — горючие вторичные энергоресурсы

В состав оборудования входят газовая турбина ГТЭ-45-2 ПО АТ XT3 и паровая турбина К-225-12,8 ПОТ ЛМЗ. Топливо – антрацит с зольностью 36% и теплотой сгорания 17 МДж/кг. Уголь с фракционным составом от 0 до 4 мм подается из системы подготовки топлива в систему подачи топлива в котел, состоящую из бункера, шнеков, циклона и шлюзов, и оттуда поступает в котел с циркулирующим кипящем слоем под давлением 0,8–1,2 МПа, где сжигается при температуре равной 900°C. Дробленая и сортированная присадки (доломит или известняк) поступают в систему подачи, состоящую из бункера, шнекового питателя, инерционного уловителя, вентилятора, циклонов, фильтров и шлюзов, откуда дозированным расходом направляются в котел. Воздух для сжигания угля поступает от компрессора газовой турбины. Продукты сгорания угля после трех ступеней очистки с запыленностью менее 10 мг/м³ и температурой равной 850 °C поступают в газовую турбину, после которой с температурой составляющей 470–480°C направляются в газоводяные теплообменники высокого и низкого давления, где охлаждаются питательной водой до температуры равной 120-130°С. Газоводяные теплообменники низкого давления (ГВП НД) по основному конденсату включены параллельно регенеративным подогревателям низкого давления (ПНД), а газоводяные теплообменники высокого давления (ГВП ВД) по питательной воде – параллельно регенеративным подогревателям высокого давления (ПВД). Особенностью системы утилизации тепла газов после газовой турбины является нагрев питательной воды в газоводяных теплообменниках высокого давления до температуры, значительно превышающей температуру воды после подогревателя высокого давления, в результате температура питательной воды на входе в котел превышает расчетное значение после ПВД, что приводит к уменьшению расхода топлива. Вытеснением регенерации паровой турбины из-за нагрева питательной воды в газоводяных теплообменниках высокого и низкого давления увеличивается ее мощность, что приводит также к повышению экономичности пылеугольного блока в целом. Предусматривается возможность совместного сжигания низкосортного топлива и горючих вторичных энергоресурсов (ВЭР).

Произведен расчет газовой и паровой части в схеме ПГУ-КЭС согласно методике, изложенной в [7]. Рассчитаны технико-эконо-

мические показатели энергоустановки на базе ПГУ-540. Основные показатели ПГУ КЭС мощностью 540 МВт представлены в таблице.

Показатели эффективности внедрения проекта ПГУ КЭС

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
Установленная электрическая мощность	МВт	540
Число часов использования установленной электрической мощности	ч/год	7520
Выработка электроэнергии	ГВт∙ч	4060,8
Расход электроэнергии на собственные нужды	%	4,29
Отпуск электроэнергии	ГВт∙ч	3886,5
Удельный расход топлива на отпуск электроэнергии	г у.т./кВт·ч	277,9
КПД по отпуску электроэнергии	%	42,2
Капиталовложения	млн. руб.	27000
Смета затрат на производство	млн. руб.	2402,7
Себестоимость отпускаемой электроэнергии	коп/кВт·ч	91,9
Чистый дисконтированный доход	млн. руб.	19573,27
Внутренняя норма доходности	%	21,65
Индекс доходности	руб./руб.	1,5
Дисконтированный срок окупаемости	лет	12,2

Из полученных результатов следует, что внедрение описанной ПГУ-540 позволит сэкономить не менее 70 г у.т./(кВт·ч), что составляет снижение на 20% расхода топлива при производстве электроэнергии по сравнению с паротурбинным блоком аналогичной мощности с пылеугольным котлом и системами серо- и азотоочистки. Экологические показатели такого энергоблока отвечают самым жестким требованиям.



Рис. 2. Изменение КПД котла при совместном сжигании топлива и горючих вторичных энергоресурсов

Проведена оценка эффективности использования в предложенной схеме со-

вместного сжигания УГЛЯ и горючих вторичных энергоресурсов. Технология совместного сжигания угля и горючих вторичных энергоресурсов в энергетических котлах является перспективной, поскольку позволяет снизить выбросы оксидов серы, азота, золы и шлака в окружающую среду [7]. С другой стороны ввод горючих вторичных энергоресурсов приводит к снижению КПД котла за счет увеличения потерь с уходящими газами и механическими потерями. На рис. 2 представлены результаты расчета изменения КПД котла от доли вводимых горючих вторичных энергоресурсов.

Годовой эффект от внедрения проекта совместного сжигания угля и горючих вторичных энергоресурсов определяется:

$$\mathcal{F}_{t} = P_{t} - \mathcal{F}_{t}$$
 млн. руб., (1)

где P_t – результаты проекта; 3_t – затраты проекта;

$$P_{t} = \Delta \Pi_{amm} + \Delta \Pi_{omx}$$
 млн.руб., (2)

где $\Delta \Pi_{amm}$; $\Delta \Pi_{omx}$ — снижение платы соответственно за загрязнение атмосферы и литосферы (утилизация отходов);

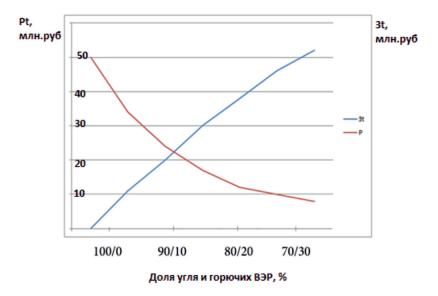
$$3_t = \Delta K_t + \Delta U_t + \Delta U_{a_M}$$
 млн.руб., (3)

где ΔK_{t-} дополнительные капитальные вложения в систему совместного сжигания; ΔU_{t} ; $\Delta U_{a_{M}}$ — дополнительные производственные издержки.

Результаты расчета экономического эффекта представлен на рис. 3.

Из рис. 3 следует, что эффект от внедрения проекта составляет 22 млн руб., при этом оптимальное процентное соот-

ношение угля и горючих вторичных энергоресурсов при совместном сжигании составляет 90% к 10%.



Puc. 3. Определение эффективности совместного сжигания угля и горючих вторичных энергоресурсов

Выводы

- 1. Определена эффективность перевода пылеугольной энергетической установки на схему ПГУ КЭС с внедрением технологии сжигания твердого топлива в топках котлов с циркулирующим кипящим слоем и с газификацией угля в кипящем слое под лавлением
- 2. Проведен расчет целесообразности совместного сжигания угля и горючих вторичных энергоресурсов.
- 3. Разработанные методические положения дают возможность использования предлагаемых решений при проектировании энергоустановок ТЭС в Российской Федерации, а также использования полученных результатов в учебных целях при подготовке специалистов и бакалавров в области энергетики.

Список литературы

- 1. Инновационные технологии в энергетике / под общ. ред. Н В. Клочковой. Иваново: Научная мысль, 2011. 228 с.
- 2. Исследование повышения эффективности паротурбинных блоков сверхкритических параметров введением многоступенчатого промежуточного перегрева пара / И.А. Ростунцова, Н.Ю. Шевченко // Энергетика: Эффектив-

- ность, надёжность, безопасность: матер. трудов XIX всерос. науч.-техн. конф., Томск, 4-6 дек. 2013 г.: Т. 1 / ГОУ ВПО «Нац. исследовательский Томский политехн. ун-т». Томск, 2013. С. 297–300.
- 3. Котенко А. Использование древесных отходов для выработки тепловой и электрической энергии на примере Австрии / А. Котенко, И. Фюредер, Э. Видхальм // Энергосбережение. -2007. -№ 3. C. 28-31.
- 4. Корчевой Ю.П. Экологически чистые угольные технологии / Ю.П. Корчевой, А.Ю. Майстренко, А.И. Топал. Киев: Наукова думка, 2004. 186 с.
- 5. Методика расчета топливной составляющей природоохраных затрат при сжигании водотопливных смесей / И.А. Ростунцова, Н.Ю. Шевченко, Ю.В. Лебедева // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5; URL: www.science-education.ru/111-10047 (дата обращения: 23.04.2014).
- 6. Ольховский Г.Г. Парогазовые установки на угле. Опыт разработки и применения, пути использования в России / Г.Г. Ольховский // Аналит. обзор. М.: ВТИ, 2000.-58~c.
- 7. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов М.: Изд-во МЭИ, 2002. 584 с.
- 8. Шакарян Р.Ю. Парогазовая установка с котлом ЦКС под давлением для сжигания низкосортных углей / Р.Ю. Шакарян, П.А. Березинец, Р.А. Петросян и др. // Теплоэнергетика. 1991. N2 6. С. 24—29.
- 9. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 года № 1715-Р.