



УДК 662.76

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПГУ С ВНУТРИЦИКЛОВОЙ ГАЗИФИКАЦИЕЙ

SIMULATION OF CCGT WITH IN-CYCLE GASIFICATION

Лазебный Иван Павлович, аспирант каф. «Тепловые электрические станции», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: anteymaster1@mail.ru, Тел.: +7(912)621-27-45

Рыжков Александр Филиппович, д-р. техн. наук, профессор каф. «Тепловые электрические станции», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: af.ryzhkov@mail.ru.

Филиппов Прокопий Степанович, аспирант каф. «Тепловые электрические станции», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: fps_proxi@mail.ru.

Lazebny Ivan Pavlovich, post-graduate student. "Thermal power plants", Ural Federal University named after the first President of Russia BN. Yeltsin, Russia, 620002 Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: anteymaster1@mail.ru, Tel.: +7 (912) 621-27-45

Ryzhkov Alexander Filippovich, Doctor Sc., Prof, Professor of the Department. "Thermal power plants", Ural Federal University named after the first President of Russia BN. Yeltsin, 620002 Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: af.ryzhkov@mail.ru.

Filippov Prokopy Stepanovich, post-graduate student. "Thermal power plants", Ural Federal University named after the first President of Russia BN. Yeltsin, 620002 Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: fps_proxi@mail.ru.

Аннотация: В этой статье с помощью программы Aspen Plus моделируется ПГУ с внутрицикловой газификацией использованием различных конструкций. Модели проверяются соответствующими данными из реальных существующих станций или справочных данных из литературы. Все они воспроизводят синтез-газ из твердого топлива. Моделирование внутростанционных процессов показывает некоторые проблемы, возникаемые в результате симуляции. Данное исследование предназначено для предварительной оценки технологий ПГУ с внутрицикловой газификацией, освоение программы Aspen Plus и работы в ней.

Abstract: In this article, using the Aspen Plus program, a CCGT with in-cycle gasification using various designs is simulated. Models are checked by appropriate data from actual existing stations or reference data from the literature. All of them reproduce synthesis gas from solid fuel. Modeling of in-station processes shows some problems that arise as a result of simulation. This study is intended for preliminary assessment of CCGT technologies with in-cycle gasification, development of the Aspen Plus program and work in it.

Ключевые слова: ПГУ-ВЦГ; Aspen Plus; моделирование процесса; газификация.

Key words: IGCC; Aspen Plus; process modeling; gasification.

ВВЕДЕНИЕ

Мировая газификация по-прежнему продолжает развиваться. Планируются многочисленные проекты установок газификации от таких производителей, как Shell, GE Energy и Siemens Gas Gasification. Поскольку области применения многообразны, а технология очень сложна, предварительное моделирование необходимо, чтобы найти оптимальную конфигурацию установки газификации. Для моделирования сложных внутростанционных процессов, используется программное обеспечение, способное имитировать работу данных установок, таких как Aspen Plus. Этот программный

инструмент обладает обширным банком данных о свойствах большинства веществ, а также имеет в себе необходимые термодинамические модели.

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗИФИКАТОРА

Первым шагом моделирования технологии газификации является рассмотрение важных процессов, которые происходят во время газификации. Поскольку уголь или биомасса состоят из сложных структурированных макромолекул, Aspen Plus не может напрямую обрабатывать эти компоненты в химическом или фазовом равновесии. Поэтому топливо должно быть разложено в реакционноспособных

соединениях. Это делается в «ректорах», в которых топливо характеризуется элементарным анализом, а также преобразованием его в соответствующий состав.

В реакторе после выхода из газификатора имеется реактор Гиббса, в котором разлагаемое топливо реагирует с кислородом и если требуется, с паром. Соответствующие реакции приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Сопутствующие реакции в реакторе

№	Реакция	$\Delta H_{R,0}(kj/mol)$
1	$C+O \rightarrow CO_2$	-406,3
2	$C+CO_2 \leftrightarrow 2CO$	+159,6
3	$CO+3H_2 \leftrightarrow CH_4+H_2O$	-206,2
4	$CO+H_2O \leftrightarrow H_2+CO_2$	-41,1
5	$H_2+S \leftrightarrow H_2S$	-20,5
6	$CO+S \leftrightarrow COS$	-27,9
7	$CL_2+H_2 \leftrightarrow 2HCL$	-184,6
8	$N_2+3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$	-91,9
9	$CO+NH_3 \leftrightarrow HCN+H_2O$	+49,8

Что касается видов газа, то типичный газифицированный газовый поток содержит в основном H_2 , CO , N_2 , H_2O и CO_2 . Кроме того, появляется ряд второстепенных видов и микроэлементов, таких как CH_4 , H_2S , COS , HCl , HCN , NH_3 , CS_2 , а также виды металлов (Hg , Se) и щелочных компонентов. Поскольку количество последних четырех видов очень мало, они не

рассматриваются в моделировании для улучшения поведения конвергенции модели. Поскольку все газификаторы являются автотермическими, они нуждаются в кислороде, а в случае сухого топлива, также добавления пара.

На рисунке 1 изображена схема газификатора из программы Aspen plus.

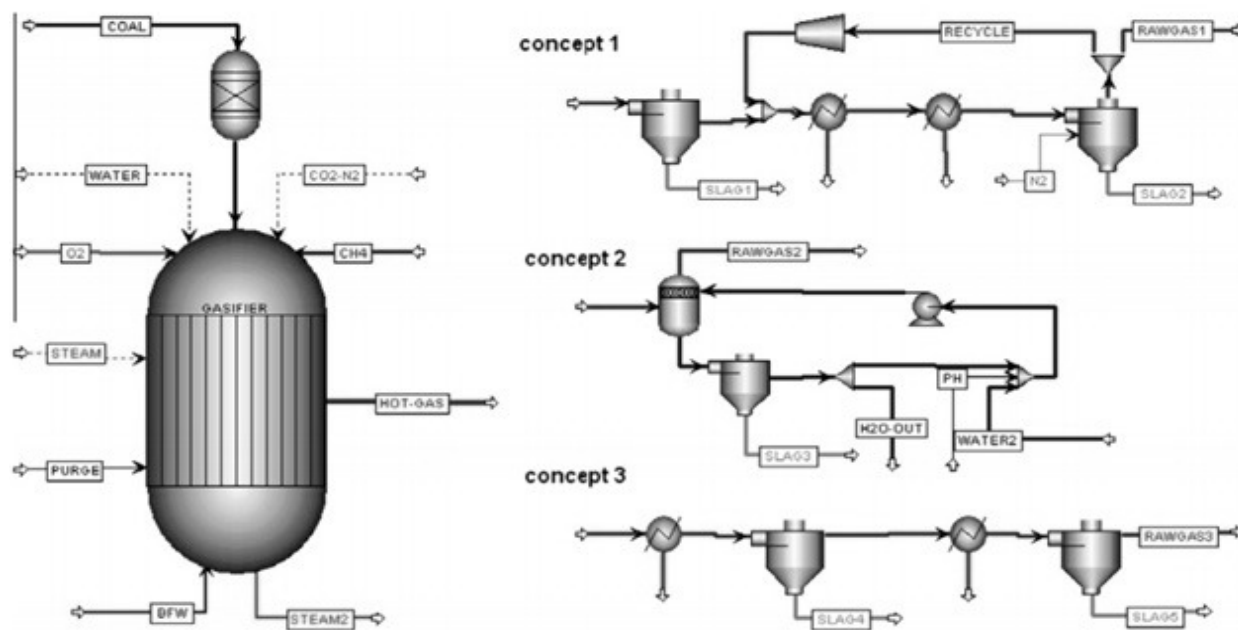


Рис. 1. Схема газификатора, включающего в себя секцию охлаждения

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧАСТИ ПГУ

Парогазовая установка состоит из двух отдельных частей: газотурбинной и паросиловой. В газотурбинной части вращение турбины происходит за счет газообразных продуктов сгорания, полученных (в данной работе) за счет сжигания газа из газификатора, описанного выше. На одном валу с турбиной находится также генератор, который вырабатывает электрический ток, а также компрессор, сжимающий воздух для

горения. На выходе из газовой турбины продукты сгорания попадают в паросиловую часть. Газы имеют высокую температуру и отдают свое тепло в котле-утилизаторе. Этого тепла достаточно, чтобы приготовить пар для использования в паровой турбине, на валу которой расположен второй генератор. Схемы паросиловой и газотурбинной частей изображены ниже на рисунках 2 и 3.

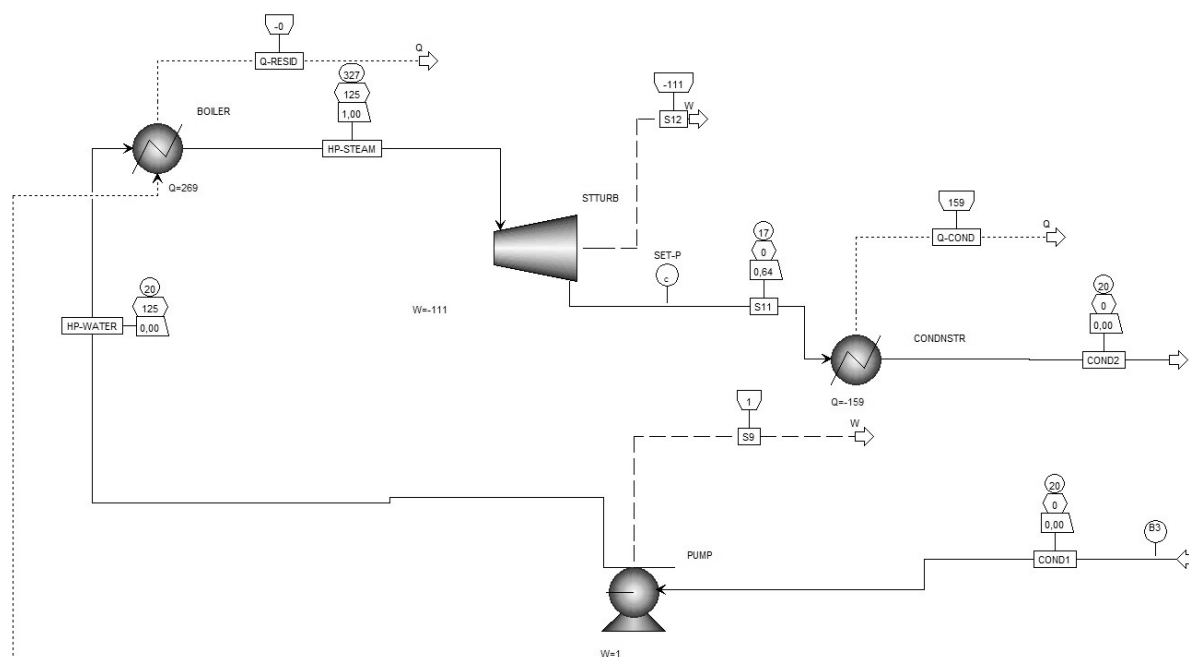


Рис. 2. Схема паровой части ПГУ в программе Aspen Plus

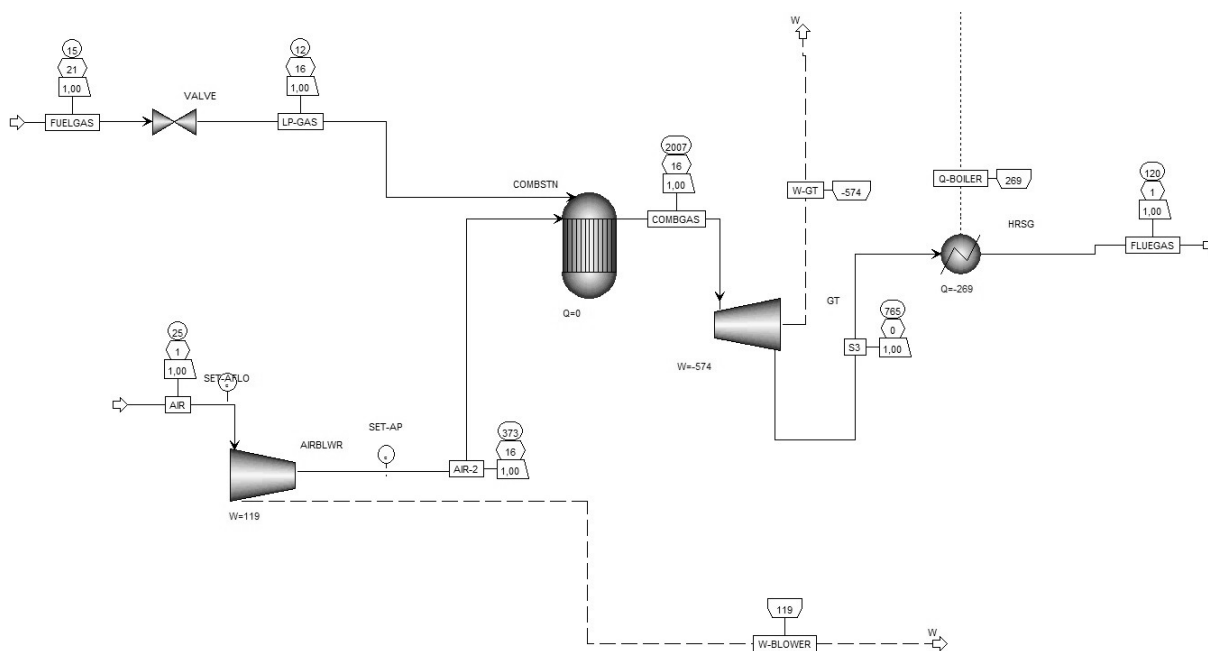


Рис. 3. Схема газовой части ПГУ в программе Aspen Plus

На рисунках можно увидеть все сопутствующие параметры для ПГУ, а именно температуру, расход, давление и другие. Данная схема является основой и все последующие подключения будут сравниваться с этой базовой установкой. Также стоит упомянуть, что программа Aspen Plus позволяет осуществить расчет времени окупаемости станции, стоимость электроэнергии и других эксплуатационных нужд.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В ходе работы была построена упрощенная схема ПГУ и ее газифицирующая часть. Был проведен

сравнительный анализ технологии ПГУ-ВЦГ, а также оценка работы программы Aspen Plus, ее точность и технологическая пригодность.

Моделирование ПГУ-ВЦГ в программе Aspen PLUS позволяет сделать расчет всего цикла в зависимости от выбранного газификатора и его модификаций. Найти достоинства и недостатки каждого выбранного способа подготовки топлива, конструкции газификатора и его типа. Анализируя полученные при моделировании результаты, можно сказать, что найдены некоторые приемлемые расхождения. А именно, не совсем точные показания выходной мощности газовой

турбины. Однако, данную погрешность можно связать с еще не изученными техническими возможностями программы. Во всем остальном моделирование с помощью программы Aspen Plus можно считать успешным и дальнейшее ее изучение перспективно.

Результаты исследования:

- осуществлено моделирование внутристанционных процессов в программе Aspen Plus;
- получены элементарные характеристики для процессов газификации;
- установлено, что программа Aspen Plus позволяет проводить математического моделирования процессов газификации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абаимов Н.А., Рыжков А.Ф. Разработка модели поточной газификации угля и отработка аэродинамических механизмов воздействия на работу газогенераторов // Теплоэнергетика. 2015. № 11. С. 3.

2. Schingnitz M, Mehlhouse F. The GSP process-entrained flow gasification of different types of coal. // Clean coal technology conference. 2005.

3. Holt N. Operating experience and improvement opportunities for coal based plants // Mater High Temp 20 (2003) 1–6 Contents.

4. Abaimov N.A., Osipov P.V., Ryzhkov A.F. Experimental and computational study and development of the bituminous coal entrained-flow air-blown gasifier for IGCC // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Т. 754. № 11. С. 112001

5. Ogriseck K. Untersuchung von IGCC Kraftwerkskonzepten mit Polygeneration und CO2 Abtrennung. Thesis. Technische Universität Freiberg; 2006.

6. Штерензон В.А. Моделирование технологических процессов: конспект лекций / Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. 66 с.

7. Бобков С.П. Моделирование систем: учеб. пособие / С.П. Бобков, Д.О. Бытнев; Иван. гос. хим.-технолог. ун-т. – Иваново, 2008. – 156 с.