УДК 621.311

С.В. УСОВ, аспирант (СамГТУ)
Научный руководитель: А.А. КУДИНОВ, д.т.н., профессор (СамГТУ)
г. Самара

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПГУ-200 СЫЗРАНСКОЙ ТЭЦ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ THERMOLIB

Ниже приводятся результаты разработки математической модели энергоблока ПГУ-200 Сызранской ТЭЦ (СТЭЦ) с использованием программного комплекса MatLab Simulink и его приложения Thermolib.

ПГУ-200 СТЭЦ включает в себя две газовые турбины PG6111FA с генераторами 6FA, два паровых котла-утилизатора типа КУП-110/15-8,0/0,7-540/200 производства «ИстроЭнергоГрупп» и одну паровую турбину «Siemens SST-600» типа ПТ-60/75-8,0/0,7 с генератором S-GEN5-100 (см. рис. 1). Подробное описание алгоритма работы ПГУ-200 и анализ технико-экономических показателей СТЭЦ после её модернизации с установкой ПГУ-200 приведены в [1].

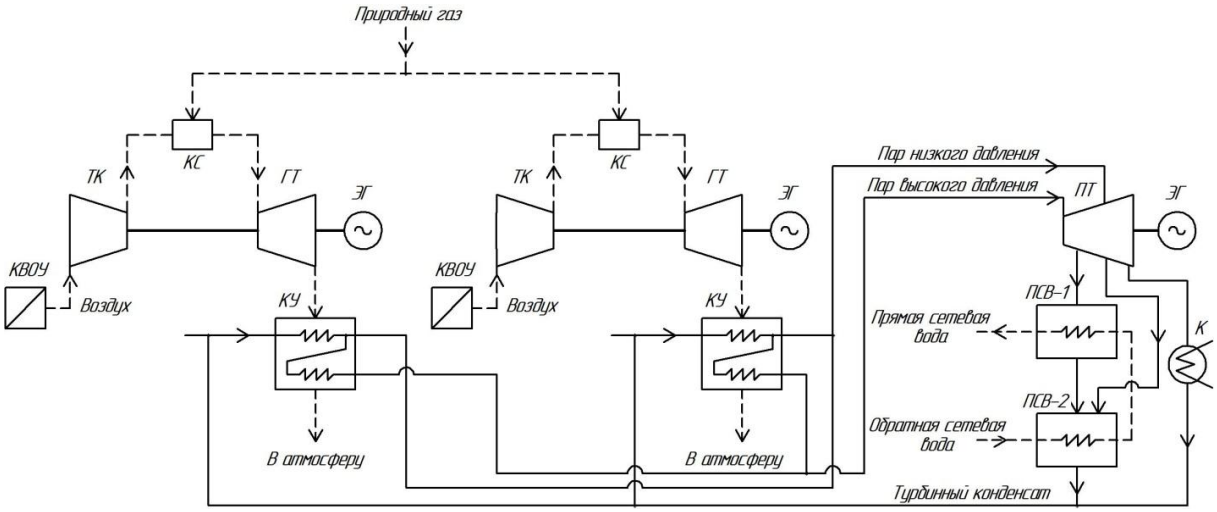

Рис. 1. Упрощенная тепловая схема ПГУ-200 СТЭЦ: ТК – турбокомпрессор; КС – камера сгорания; ГТ - газовая турбина; ЭГ – электрогенератор; ПТ – паровая турбина; ПСВ – подогреватель сетевой воды; КВОУ – комплексное воздухоочистительное устройство; КУ – котел-утилизатор; К – конденсатор

Thermolib является объектно-ориентированной графической средой для динамического моделирования. Каждый элемент тепловой схемы обозначен соответствующим блоком (объектом), описываемым математической моделью. Все объекты соединяются между собой, так называемыми

термодинамическими шинами (связями, потоками), по которым движется многомерная среда жидкая или газообразная. Поток внутри таких связей является абсолютно изолированным и не имеет теплового либо массового обмена с внешними объектами [2, 3, 4]. Термодинамическая шина в любой своей точке содержит исчерпывающую информацию о транспортируемой среде.

Расчет параметров многомерной среды в приложении Thermolib производится при помощи полиномов NASA. В 1996 году в NASA Glenn Research Center была создана специализированная компьютерная программа «Химическое равновесие с приложениями» (Chemical Equilibrium with Applications (CEA)), которая на основании использования законов равновесной термодинамики моделирует реальные процессы [5, 6].

Обобщенная модель ПГУ-200 СТЭЦ, сформированная в программном комплексе Thermolib, приведена на рис. 2. Часть характеристик имитационной модели ПГУ-200 СТЭЦ, полученных в результате проверки адекватности предложенной модели, а также их относительное сравнение с реальными (экспериментальными) данными приведены на рис. 3. Каждый блок на схеме рис. 2 состоит из блоков нижнего подуровня, например, блоков GTU_1 и GTU_2 (см. рис. 4).

Наличие протокола натурных аттестационных испытаний ПГУ-200 дает возможность выполнить сравнительный анализ характеристик численного моделирования и экспериментальных данных:

– график температуры продуктов сгорания за ГТ (перед КУ) по данным модели проходит несколько ниже, чем аналогичный экспериментальный график. Расхождение объясняется тем, что в модели ГТ показатель изоэнтропы принят постоянным, в реальных условиях процесс расширения продуктов сгорания происходит при переменном от ступени к ступени показателя изоэнтропы;

– параметры паровых контуров ВД и НД, рассчитанные по модели Thermolib, обладают меньшей инерционностью, что подтверждается большей скоростью изменения расхода пара ВД и НД относительно экспериментальных данных. Подобное отклонение объясняется завышенной интенсивностью парообразования в элементах ППВД и ППНД;

– обращает внимание существенное несоответствие данных, полученных в численном эксперименте по модели Thermolib, в части уровней в БВД и БНД. Указанные параметры подвержены значительным колебаниям в экспериментальных исследованиях, напротив регулятор, реализованный в имитационной модели, обладает лучшими по сравнению с реальными характеристиками;

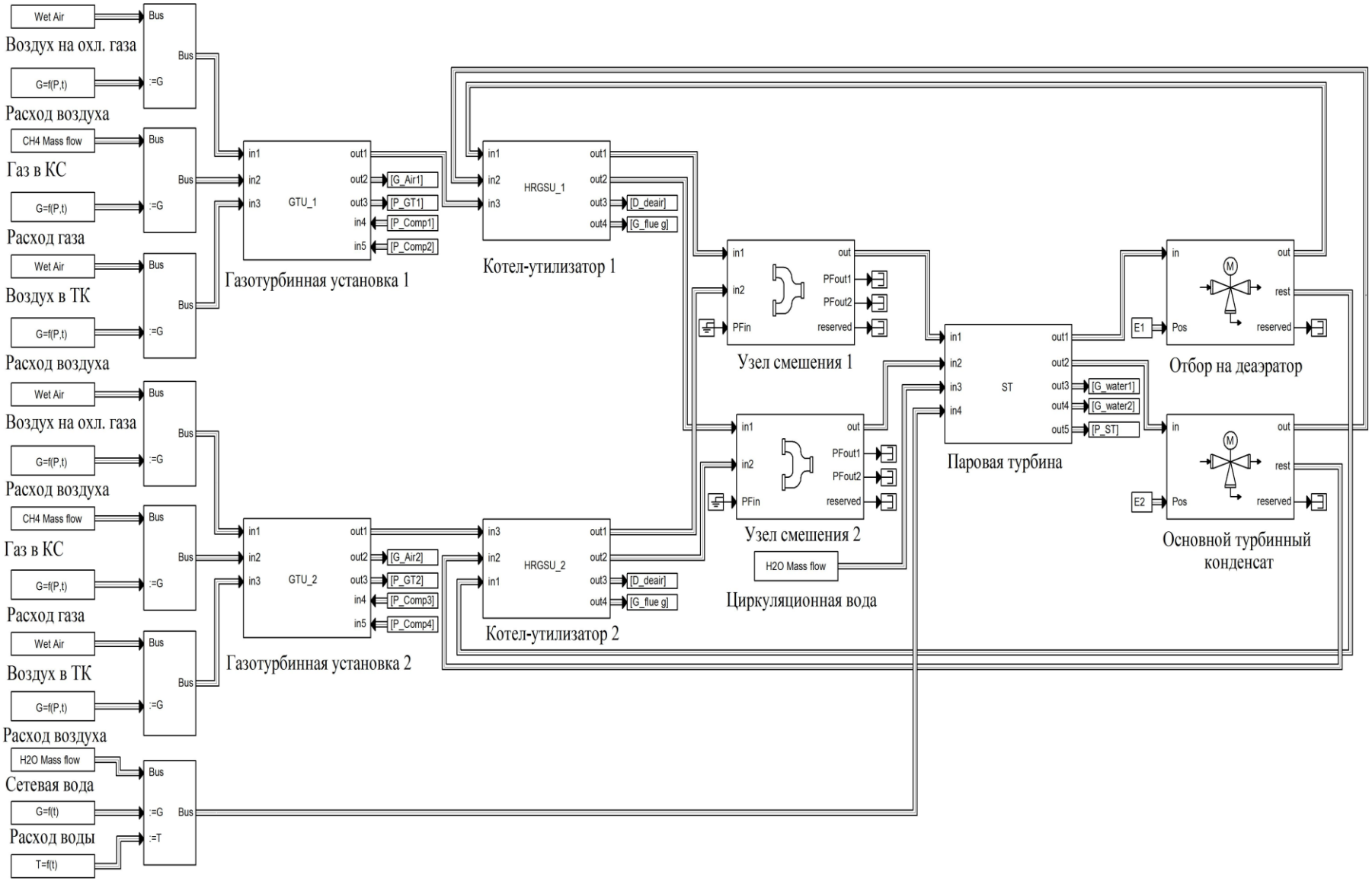

Рис. 2. Обобщенная модель ПГУ-200 СТЭЦ, сформированная в программном комплексе Thermolib

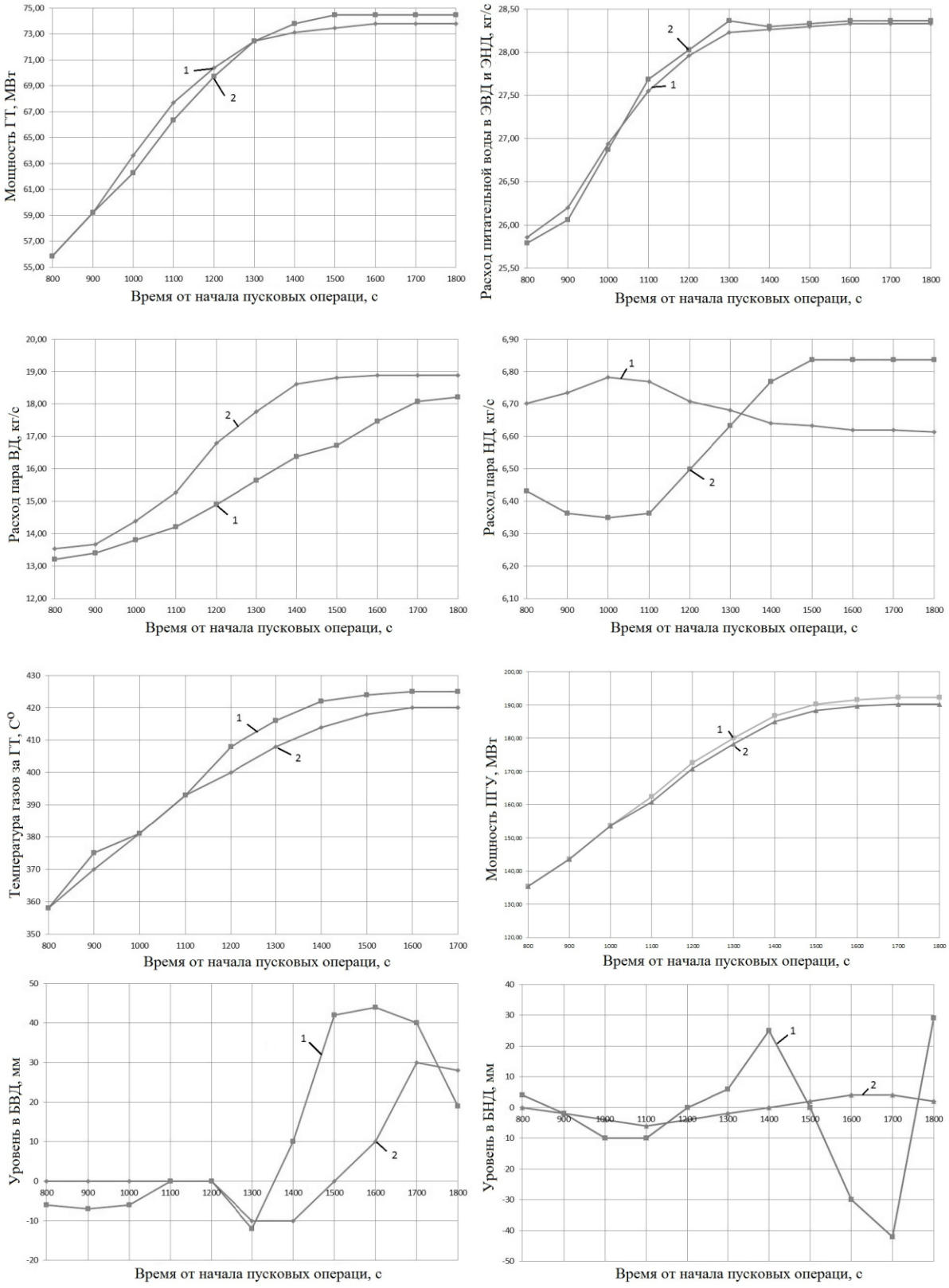

Рис. 3. Характеристики имитационной модели ПГУ-200 СТЭЦ:
1 – экспериментальные данные согласно протоколу аттестационных испытаний; 2 – данные численного моделирования по программе Thermolib

– графики электрических мощностей как ГТ, так и ПГУ, полученные при численном моделировании, в целом с достаточной точностью (отклонение не превышает 5%) повторяют графики аналогичных параметров из протокола экспериментальных аттестационных испытаний.

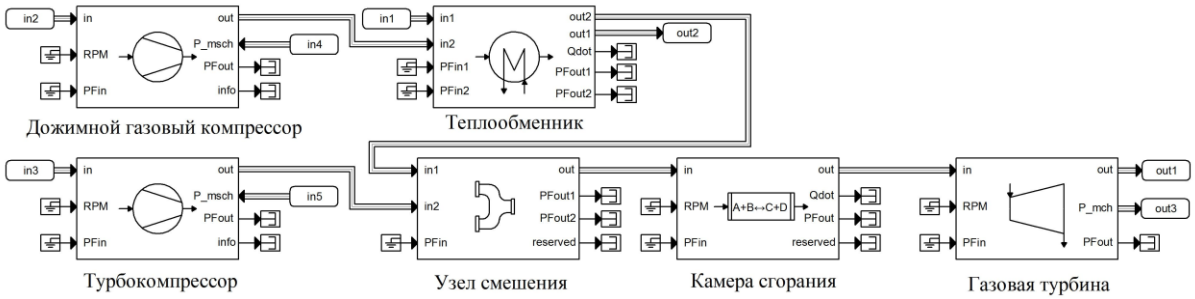

Рис. 4. Модель ГТ, сформированная в программном комплексе Thermolib

Выводы

1. Проведены натурные аттестационные испытания блока ПГУ-200 Сызранской ТЭЦ.

2. В программном комплексе Thermolib разработана имитационная модель ПГУ-200, которая с достаточной точностью повторяет реальные характеристики парогазового блока ПГУ-200, полученные при проведении экспериментальных (натурных) аттестационных испытаний, что позволяет считать сформированную математическую модель адекватной и принять ее для дальнейшей работы.

Список литературы:

1. Усов С.В., Кудинов А.А. Анализ технико-экономических показателей Сызранской ТЭЦ после ввода в эксплуатацию ПГУ-200 // Энергетик. – 2013. – № 12. – С. 43–46.

2. Кудинов А.А. Техническая гидромеханика. –М.: Машиностроение, 2008. – 368 с.

3. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 1: Теория равновесных систем: Термодинамика. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: УРСС, 2002. – 240 с.

4. Справочник Национального Института Стандартов и Технологий (National Institute of Standards and Technology, Secretary of Commerce on behalf of the United States of America) http://webbook.nist.gov/ chemistry/.

5. Термофизический справочник республики Корея (Thermodynamics and Properties LAB. Dept. of Chemical Engineering, Korea University) http://www.cheric.org/kdb.

6. Справочник Будапештского Химического Университета (Institute of Chemistry, Eötvös University (ELTE), Budapest, Hungary) http:// garfield. chem. elte.hu/ Burcat/ burcat. html.