

**«АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ГАЗОПАРОТУРБИННОЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ
ТЕПЛА В ГАЗОЖИДКОСТНОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ»**

Бакулев В. И. , Крылов Б. А., Юн А. А

1. Введение

Бурное развитие компьютерных технологий в настоящее время позволяет использовать компьютеры в сложных расчетах в различных областях науки и техники. Одним из применений ЭВМ непосредственно в газотурбинных двигателях является моделирование различных 3-х мерных процессов таких как, обтекание лопаток компрессора и турбины, горение в камере сгорания, течение в сопле и др. В данной статье описано простое численное моделирование 1-го уровня на ЭВМ термогазодинамического расчета газопаротурбинной энергетической установки (ГЭУ) с двукратным подводом тепла при постоянных давлениях в основной камере сгорания перед турбиной компрессора и в дополнительной камере сгорания перед свободной турбиной. (1) Для автоматизации термогазодинамического расчета использовался модульный подход программирования, т.е. кроме главной программы существуют дополнительные программы взаимодействующие с главной.

3. Принципиальная схема газопаротурбинной энергетической установки

Схема ГЭУ с двукратным подводом тепла при постоянных давлениях в основной камере сгорания перед турбиной компрессора и в дополнительной камере сгорания перед свободной турбиной, совмещенной с парогазовым эжектором, и регенерацией тепла в газожидкостном теплообменнике представлена на рис.1.

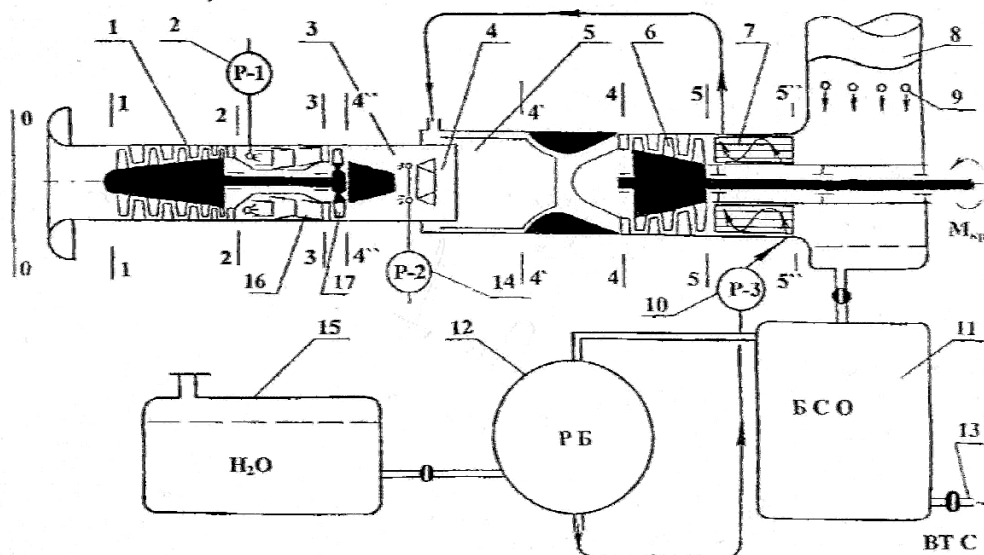


Рис. 1

Математическая модель расчета и принцип работы установки приведен в [2].

3. Комплекс программ для автоматизации расчетов газопаротурбинной энергетической установки

Комплекс программ для расчета ГЭУ представляется собой набор программ, представленный на рис.2.

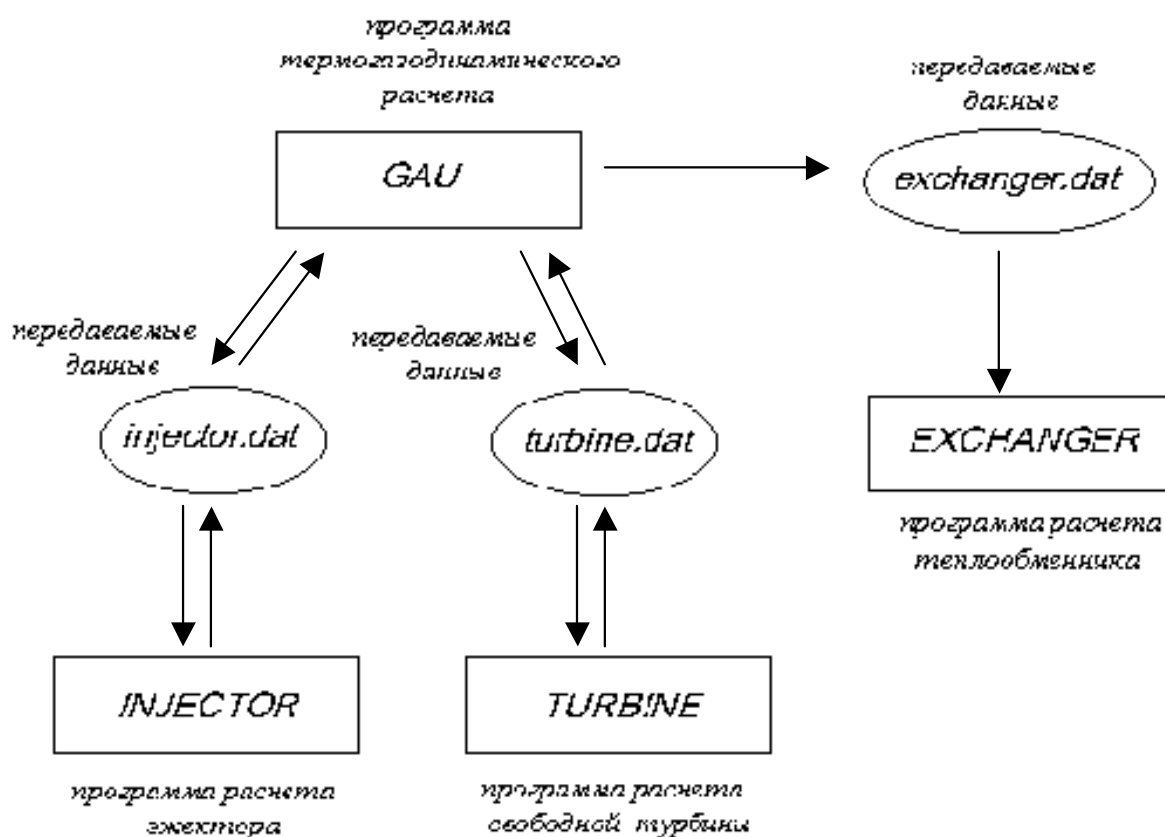


Рис. 2

Рассмотрим работу комплекса на примере построения характеристики ГЭУ.

В главной программе **GAU** осуществляется первичный итерационный термогазодинамический расчет ГЭУ. Алгоритм расчета приведен ниже на рис.3.

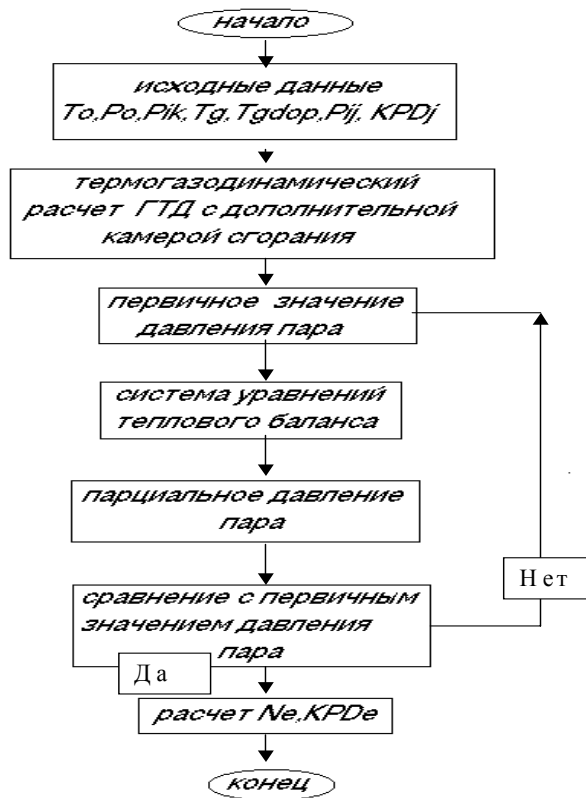


Рис. 3

Далее полученные данные передаются в программы расчета свободной турбины *TURBINE*, газопарового эжектора *INJECTOR* и газожидкостного теплообменника *EXGANGER*. Алгоритмы приведены на рис. 4, 5, 6.

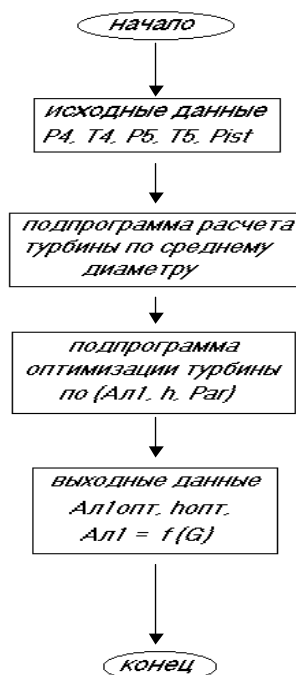


Рис. 4

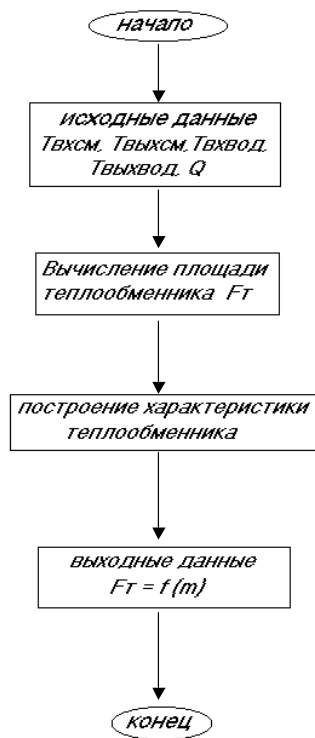


Рис. 5



Рис. 6

Уточненные характеристики передаются обратно в главную программу, где проводится окончательное построение характеристики ГЭУ.

Для проверки достоверности проведено сравнение численных данных с экспериментальными данными по серийно выпускаемому двигателю с впрыском пара LM 2500+, предоставленные MTU. Ниже на рис. 7 представлена схема LM 2500+.

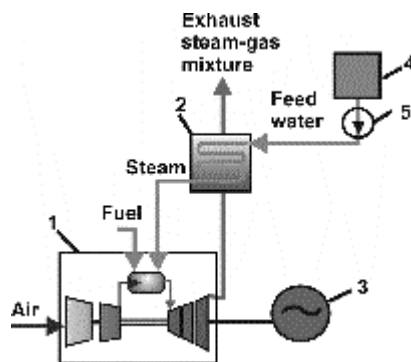


Рис. 7

На следующих графиках рис. 8, 9 приведена климатическая характеристика LM 2500+ (зависимости КПД и мощности от температуры на входе в установку), с нанесенными расчетными точками.

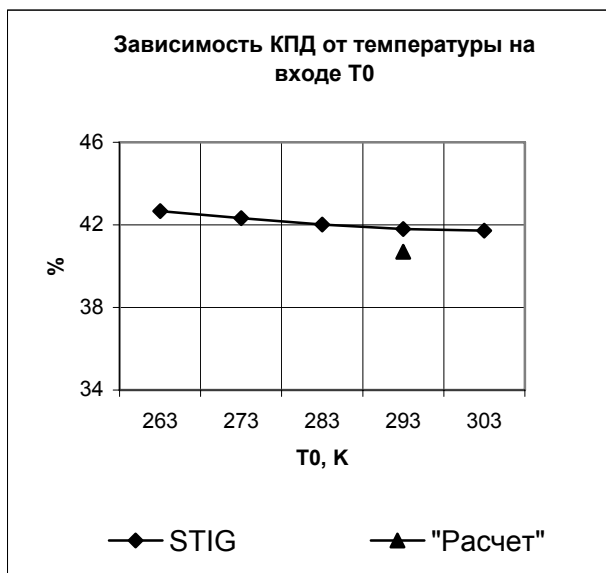


Рис. 8



Рис. 9

Выводы

Проведенное сопоставление позволяет сделать вывод, что точность численного расчета составляет около 5%.

Созданный комплекс программ существенно ускоряет первичное расчетное исследование ГТД, работающих на основе бинарного цикла с двукратным подводом тепла с впрыском пара в тракт двигателя и регенерацией тепла в газовой теплообменнике.

Модульная конструкция программирования позволяет просто добавлять дополнительные модули для уточнения и расширения расчетов. Например, добавление дроссельных характеристик базового двигателя и т.д.

Список используемой литературы

1. Использование газопаротурбинной установки с регенерацией тепла в газожидкостном теплообменнике в народном хозяйстве./ В. И. Бакулев, А. А. Юн – М.: МАИ, 2000
2. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей. / В. М. Акимов, В. И. Бакулев, Р. И. Курзинер и др. – М.:Машиностроение, 1987
3. Расчет высотно-скоростных и дроссельных характеристик ТРД и ТРДФ. / В. И. Бакулев, Б. А. Крылов, А. А. Юн – М.: МАИ, 2000
4. Современный Fortran. / О.В. Бартедьев Москва, Диалог-МИФИ , 2000г.
5. Современный Бейсик для IBM PC. Москва, «МАИ», 1993г.
6. Visual Basic. / Соха Джон, Рахмел Дэн, Холл Дебра., Минск, 1988г.