К вопросу разработки математических моделей для оптимизации низкопотенциальных теплоэнергетических систем

Делков А.В., Ходенков А.А., Тихонова Н.В.

Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М.Ф. Решетнева

Тенденции роста цен на энергоносители и сокращение их запасов определяют необходимость поиска путей разработки и эффективного использования новых и альтернативных источников энергии. По результатам анализа отечественной и зарубежной литературы возможно выделить 4 типа источников тепла, являющихся перспективными для освоения и требующих разработки специфического подхода к их использованию в качестве энергетических ресурсов:

□геотермальное тепло;

□тепловая мощность солнечного излучения;

□тепловые выбросы промышленности;

□тепловые потоки от двигателей и бортовой аппаратуры транспортных систем, в т.ч. автомобилей, морского транспорта, космических аппаратов.

Подобные источники получили название низкопотенциальных в связи с низкими (по меркам силовой энергетики)температурами. Особенность вышеприведенных источников – наличие отличной от окружающей среды температуры, которой, впрочем, не достаточно для организации традиционных паросиловых циклов на водяном паре. При указанных температурных напорах паросиловой цикл возможно осуществить только с помощью специфических рабочих тел – органических (этанол, фреон, изобутан и т.д.). В зарубежных источниках такие системы получили название установок, реализующих органический цикл Ренкина (organic Rankine cycle, ORC).

В связи с изложенным выше возрастает потребность в математическом моделировании подобных установок. Разработка и создание инструмента проектирования и оптимизации ПТУ ОРТ на основе математической модели позволит эффективно решить задачу использования низкопотенциальных тепловых источников различных типов

Принципиальная структурная схема установки утилизатора тепловых выбросов на основе ПТУ на ОРТ включает в себя следующие элементы:

1.□Турбина – для превращения энергии рабочего тела в работу.

2.□Циркуляционный насос – предназначен для повышения давления рабочего тела и подачи его в испаритель.

3.□Испаритель – предназначен для передачи тепла от источника к рабочему телу.

4.□Конденсатор – предназначен для передачи тепла рабочего тела источнику холода и перевода рабочего тела в жидкую фазу.

5.□Электрогенератор.

Математическое описание ПТУ строится на четырех основных уравнениях, в различных интерпретациях составляющих основу технической гидромеханики и рассматривающей течение сжимаемых жидкостей с теплообменом: уравнение неразрывности, уравнение энергии, уравнение импульсов, уравнение состояния.

Четыре уравнения содержат четыре независимых физических величины: давление, плотность, температуру, энтальпию. Таким образом, система является замкнутой. Эти уравнения универсальны и могут быть применены к описанию любых процессов в теплоэнергетических системах.

На основе уравнений была построена математическая модель, алгоритм и программа расчета. Результаты численных экспериментов наряду с отражением адекватности математической модели теоретическим сведениям о работе ПТУ позволяют сформулировать следующее: вследствие неоднозначности влияния (в т.ч. и взаимовлияния) управляющих параметров на работу ПТУ ОРТ оптимизация, конструкторская и режимная, подобных паротурбинных установок – задача комплексная, предполагающая рассмотрение широкого спектра возможных состояний системы. Один из эффективных способов решения такой задачи – разработка алгоритмов и методик ее решения на основе математической модели с проведением численных исследований.

Для верификации модели был спроектирован испытательный стенд установки. Для оценки мощности турбины требуются параметры сообщенного воде количества энергии, что оценивается посредством данных о давлении и температуре воды на входе и на выходе из насоса. Основной элемент лабораторной установки – паровая турбина.

Проведение экспериментальных исследований на опытной установке, обработка и анализ результатов эксперимента и верификация модели на эксперименте еще предстоят авторам.

Кроме того, планируется доработка математической модели паротурбинной установки. Корректировке подвергнутся расчетные коэффициенты потерь, которые определяются при анализе экспериментальных данных. В результате на основе полученной модели предполагается проводить оптимизацию паротурбиной установки.