ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРВИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕКУПЕРАТОРОВ ДЛЯ МИКРОТУРБИН CAPSTONE

Каспранова Аделина Альбертовна

студент, Оренбургский государственный университет, РФ, г. Оренбург

Концепция рекуператора первичной поверхности (PSR) впервые была представлена Парсонсом [1] для повышения эффективности цикла газовой турбины и снижения расхода топлива. С появлением недорогих технологий производства, применение PSR в микрогазовых турбинах значительно расширилось из-за растущей уверенности в экономии энергии и снижении выбросов. Типичные примеры применения PSR включают C30, C65 и C200 (Capstone Turbine Corporation) [2] и VT100 (Rekuperator Svenska AB, RSAB) [3].

Недавно Сяо и др. представили общий обзор рекуператоров для микрогазовых турбин. К настоящему времени были разработаны следующие структуры первичных поверхностей: поперечная гофрированная первичная поверхность (CCPS), поперечная волнистая первичная поверхность (CWPS), поперечная нелинованная первичная поверхность (CUPS, также называемая шевронным узором) и первичная поверхность с двойной насечкой (DNPS).

В 2000 году Утриайнен и Сунде´ представили трапециевидный крест. Концепция волнистых воздуховодов (TCW) и трехмерное численное прогнозирование свойств теплопередачи и потерь давления с помощью CFD-анализа. Было обнаружено, что число Нуссельта (Nu) воздуховода TCW увеличивается на 400% по сравнению с прямыми воздуховодами при аналогичном увеличении перепада давления. Затем были проведены дальнейшие исследования гидравлических характеристик и теплообмена в воздуховоде с закругленным сечением, и было достигнуто увеличение числа Нуссельта на 600% за счет крупномасштабных вторичных потоков. Основываясь на результатах предыдущих исследований, Утриайнен и Сунде´ провели прямое сравнение объема, веса и производительности матрицы рекуператора.

Опыт производства и эксплуатации, полученный от инженеров Capstone, показывает, что изготовление CWPS не представляет проблемы. Проведя экспериментальное исследование теплопередачи и перепада давления в рекуператоре CWPS кубической формы для микротурбины мощностью 100 кВт, Ванг и другие пришли к выводу, что CWPS является лучшим компромиссом между показателями теплопередачи и перепада давления.

Впоследствии Ма и др. [4] провели серию экспериментов по сублимации нафталина для проверки теплогидравлических характеристик каналов КС и не только подтвердили надежность модели, предложенной Ду и др., но и выявили корреляции числа Нуссельта и коэффициента трения для канала КС.

Для оптимального проектирования теплообменника в литературе описано множество алгоритмов оптимизации, например, генетический алгоритм (GA), алгоритм сортировки без доминирования (NSGA-I), алгоритм поиска кукушки (CSA) [5], алгоритм гравитационного поиска (GSA) [6], Rao и Saroj подробно описали достоинства и недостатки этих алгоритмов. Среди этих методов наиболее часто используемым алгоритмом оптимизации остается GA благодаря сильной способности к глобальному поиску и оптимизации. Ванг и др. использовали GA для оптимизации конструктивных параметров рекуператора CWPS и CCPS кубовидной формы в микротурбине мощностью 100 кВт. Впоследствии, с точки зрения эффективности теплообмена, веса теплообменника и потерь давления, Лю и Чен провели многоцелевой оптимизационный анализ конструкции ПСР кубовидной формы с

эллиптическими, синусоидальными, параболическими и прямоугольными каналами. Для оптимизации рекуператора CWPS необходимы корреляции теплопередачи и потерь давления (коэффициента трения) для канала CW для получения окончательных оптимальных результатов. Согласно нашему опыту, различные соотношения приводят к огромным различиям в конечных результатах оптимального проектирования. В настоящей работе мы разработали набор методов оптимального проектирования подходящих для рекуператора CWPS с кольцевым эвольвентным профилем, и проверили их точность и надежность на основе данных испытаний прототипа рекуператора C30. На этой основе мы использовали разработанный метод для оптимального проектирования рекуператора с кольцевым эвольвентным профилем CWPS в микротурбине мощностью 300 КВт. Окончательные оптимальные параметры конструкции были получены с помощью инструментария генетического алгоритма в Matlab 2014.

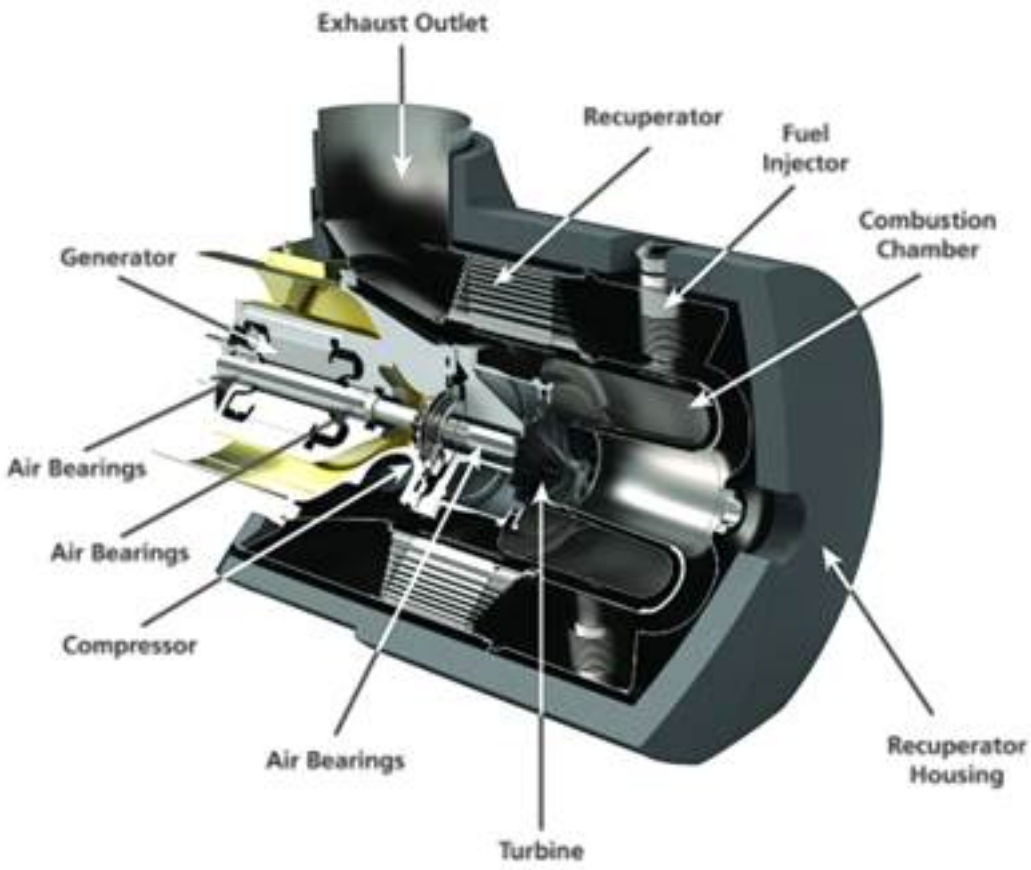

Рисунок 1. Кольцевой рекуператор CWPS в микротурбинном двигателе Capstone мощность 30 кВт [10]

Список литературы:

1. Parsons E. L. Разработка, изготовление и применение первичного поверхностного газотурбинного рекуператора // SAE Technical Paper. — 1985.

2. Capstone Turbine Corporation. Advanced MicroTurbine System (AMTS): Микротурбина C200 и микротурбина со сверхнизким уровнем выбросов: Technical Report. — 2008.

3. Lagerström G., Xie M. Высокопроизводительный и экономичный рекуператор для микрогазовых турбин // Proceedings of ASME Turbo Expo 2002.

4. Ma T., Du L. X., Sun N., Zeng M., Sundén B., Wang Q. W. Экспериментальное и численное

исследование характеристик теплопередачи и перепада давления в канале первичной поверхности с поперечной волнистостью // Energy Conversion and Management. — 2016.

5. Asadi M., Song Y., Sundén B., Xie G. N. Проектирование кожухотрубных теплообменников с экономической оптимизацией с помощью алгоритма cuckoo-search // Applied Thermal Engineering. — 2014.

6. Mohanty D. K. Алгоритм гравитационного поиска для экономической оптимизации конструкции кожухотрубного теплообменника // Applied Thermal Engineering. — 2016.