

**Тепловой расчёт регенеративного теплообменника с учётом перетоков через щелевые уплотнения методом эквивалентного канала
Бытдаев А.Х. (ИТМО)**

**Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Цыганков А.В.
(ИТМО)**

Введение. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха потребляют значительную долю энергоресурсов зданий, поэтому повышение их энергоэффективности является одной из ключевых задач современного теплоснабжения. Одним из наиболее распространённых решений для утилизации теплоты вытяжного воздуха являются регенеративные теплообменники (роторные рекуператоры), позволяющие снизить расход тепловой энергии на подогрев приточного воздуха.

Однако фактическая эффективность таких аппаратов определяется не только геометрией насадки и режимами работы, но и конструкцией уплотнений, от которых зависят перетоки воздуха между зонами теплообменника. В реальной эксплуатации «идеальные» уплотнения отсутствуют, а наличие технологических зазоров приводит к утечкам воздуха между секторами ротора и между ротором и корпусом. В результате реальная эффективность теплообменника может существенно отличаться от расчётной.

В работе рассматривается тепловой расчёт регенеративного теплообменника с учётом перетоков через щелевые уплотнения на основе метода эквивалентного канала.

Основная часть. Перетоки воздуха через щелевые уплотнения являются одним из ключевых факторов, приводящих к снижению эффективности регенеративных теплообменников. Через зазоры часть вытяжного воздуха может напрямую попадать в приточный тракт, минуя насадку, а часть приточного воздуха — возвращаться в вытяжной канал.

Если не учитывать перетечки, в расчётах возникают существенные ошибки, включая:

1. завышение температурной эффективности регенератора;
2. нарушение баланса массовых расходов и ошибочное определение аэродинамических параметров;
3. получение «оптимистичных» значений коэффициентов аккумуляции и регенерации, не соответствующих реальной работе аппарата.

Для устранения указанных недостатков предложено использовать метод эквивалентного канала. Подход основан на том, что как основной теплообмен в каналах насадки, так и перетоки через уплотнения описываются в виде течения по набору одномерных эквивалентных каналов с заданной геометрией и гидравлическим сопротивлением.

Каналы насадки характеризуются длиной, гидравлическим диаметром и коэффициентом теплоотдачи. Щелевые уплотнения рассматриваются как короткие узкие каналы, в которых расход определяется перепадом давления между зонами. Для описания нестационарного тепломассопереноса канал разбивается на участки, а расчёт выполняется по временным шагам.

Разработанная модель позволяет проводить параметрический анализ влияния коэффициента теплоотдачи, геометрии каналов, длины насадки, перепадов давления и величины утечек на итоговую эффективность регенератора.

Выводы. Разработана модель теплового расчёта регенеративного теплообменника с учётом перетоков через щелевые уплотнения методом эквивалентного канала. Учёт утечек позволяет приблизить результаты расчёта к реальной эксплуатации и получить:

1. более реалистичную эффективность регенерации;
2. корректный тепловой и массовый баланс;
3. более точные значения температур приточного и вытяжного воздуха.

Установлено, что увеличение перетоков через уплотнения (например, из-за роста зазора или перепада давлений) приводит к росту суммарного расхода через аппарат, но снижает температурную эффективность и долю свежего приточного воздуха. Также показано, что увеличение длины канала насадки повышает степень теплообмена, однако сопровождается ростом гидравлического сопротивления, что формирует компромисс между энергоэффективностью и аэродинамическими потерями.

Программная реализация модели защищена свидетельством о регистрации программы для ЭВМ (Роспатент № 2025690389, 2025 г.).

Список использованных источников:

1. Cai M. et al. A Study on the Direct Leakage of Rotary Air Preheater... // International Journal of Thermal Sciences. 2013.
2. Обзор методов расчета регенеративных теплообменников // Теплоэнергетика и теплофизика. 2020. Т. 26, № 98. С. 45-52.
3. Serov A.A. et al. Effect of Rotor Sealings on the Efficiency of a Regenerative Heat Exchanger // AIP Conference Proceedings. 2023.
4. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ Роспатент № 2025690389. 2025.