

УДК 536.212.2

**АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО  
КОНТАКТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ  
АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

**Киляшов А.А.** (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО).

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Баранов И.В.** (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО).

**Аннотация.** Построены математические модели, позволяющие определить тепловые контактные сопротивления биметаллических труб (БМТ) аппаратов воздушного охлаждения (АВО). Исследовано температурное поле БМТ в условиях квазилинейного разогрева при нагреве трубы через внутреннюю и наружную поверхности.

**Введение.** Термическое контактное сопротивление возникает по причине несовершенства механического соединения контактирующих поверхностей. Причиной появления контактного теплового сопротивления являются макро- и микронеровности на поверхности контактных поверхностей, обнаруживаемые при рассмотрении кромки контакта через микроскоп. В зоне касания тел, даже если они тщательно притерты друг к другу, оказываются разрушенными межкристаллические связи и возникают заземленные воздушные полости. Механический контакт остается резко неоднородным как на микроуровне, так и на макроуровне.

Микро- и макронеровности создают в зоне контакта воздушные полости. Теплопроводность воздуха на три порядка ниже теплопроводности металлов, поэтому даже очень тонкая воздушная пленка обладает значительным тепловым сопротивлением.

**Основная часть.** В биметаллических трубах АВО несущая труба теплообменника обеспечивает ему механическую прочность и химическую стойкость. В свою очередь, наружная алюминиевая труба, благодаря своим развитым кольцевым ребрам, интенсифицирует конвективный теплообмен с воздушной наружной средой.

Ребра являются важным конструктивным элементом труб, которые используются для осуществления интенсивного теплообмена между потоком жидкого теплоносителя и наружной газовой средой.

Почти все публикации по контактному теплообмену посвящены анализу плоских разъёмных соединений. Поэтому возникает вопрос: в какой мере найденные для них результаты можно переносить на неразъёмный контакт биметаллических труб? Очевидно, что многие из этих результатов универсальны и вполне могут распространяться на БМТ. Но есть и своя специфика. Во-первых, в процессе опрессовки несущей трубы практически не удастся контролировать величину возникающих напряжений сжатия. Во-вторых, БМТ обычно работают при температурах 100...300 °С, поэтому дополнительную неопределенность может вносить их термическое расширение.

Во всех нестационарных методах контроля ТКС упрощенно предполагается, что в несущей и наружной трубах на протяжении опыта сохраняются равномерные температурные поля. Принятое допущение нуждается в более детальном анализе. С этой целью исследуется температурное поле БМТ в условиях квазилинейного разогрева. Рассматривается отдельно разогрев трубы тепловым потоком через внутреннюю и наружную поверхности, принимая, что вторая поверхность при этом остается в адиабатических условиях, т.е. не участвует в теплообмене с окружающей средой. Именно такие краевые условия соответствуют условиям реальных опытов в импульсных методах контроля ТКС.

**Выводы.** Выполнен комплексный теоретический анализ нестационарного температурного поля системы "внутренняя труба – контакт – наружная труба – ребра", позволивший выявить структуру систематических поправок на неоднородность температуры в трубах и ребрах.

Оценки по полученным в ходе исследования математическим моделям показали, что в отличие от гладких труб, перепад температуры по высоте ребра оказывается сравнимым с перепадом температуры на контакте между трубами, особенно при наружном нагреве БМТ.