УДК 622.232.72 (088.8)

К.Б.СЕМЕНИДО
Российский государственный университет нефти и газа, Москва

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБ С НАКАТНЫМ И *L*-ОБРАЗНЫМ НАВИТЫМ ОРЕБРЕНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫМ СПЛАВОМ

Снижение коэффициента теплопередачи секций аппаратов воздушного охлаждения может достигать 50 % за счет несовершенства механического контакта стальной трубы и ребристой оболочки. С целью более широкого внедрения в промышленность *L*-образных навитых труб были проведены измерения их контактного термического сопротивления (КТС) по температурному скачку и тепловому потоку в зоне контакта, а также сравнение с трубами с накатным оребрением при прочих равных условиях в диапазоне температур 30-300 °*C*.

Исследования показали, что в диапазоне температур 150-300 °*C* навитые трубы имеют значительно большее КТС, чем накатные. После серии экспериментов алюминиевая лента *L*-образного оребрения отожглась, однако нагрев образца до 200 °*C* не привел к отжигу алюминиевых ребер.

Reduction of a heat transfer factor of section devices of air cooling's may achieve 30-50 % because of bad mechanical contact of a steel pipe and a ridge environment. In order to wider introduction L-shaped wind pipes in the industry measurements of contact thermal resistance (CTR) on sizes temperature gallop and a thermal stream in a zone of contact, and also comparison of the received values with pipes with rolling beading under other equal conditions in the range of temperatures 30-300 °C were made.Researches have shown, that in the range of temperatures 150-300 °C wind pipes have the much greater CTR in comparison with rolling. After a series of experiments an aluminium tape L-shaped beading annealed. But heating of a sample up to 200 °C has not resulted to bakeout aluminium edges.

Thus, pipes with wind L-shaped beading can be used instead of pipes with rolling beading up to 200 °C. On the basis of researches recommendations for L-shaped wind pipes on decrease CTR are given.

В процессах нефте- и газопереработки для обеспечения необходимой температуры на выходе требуется отводить тепло. Для этого используют аппараты воздушного охлаждения (АВО).

Поверхность теплообмена в АВО приходится развивать (увеличивать) из-за низкого коэффициента теплоотдачи от трубы к воздуху. Снижение коэффициента теплопередачи секций АВО из биметаллических ребристых труб может достигать 50 % за счет образования полостей на контактирующей поверхности и их термического сопротивления. Контактное термическое сопротивление (КТС) зависит от соотношения размеров полостей (толщины и протяженности) и теплопроводности заполняющего их вещества (воздух, масло и т.п.). Но главное – это качество изготовления оребрения на несущей трубе.

На практике наибольшее распространение получили два вида оребрения: накатное и навитое *L*-образное.

С целью более широкого внедрения в промышленность *L*-образных навитых труб (производства ЗАО «Октябрьскхиммаш») проведены измерения КТС этих труб и труб с накатным оребнением (производства ОАО «Бугульминский механический завод»), а также сравнение полученных значений при прочих одинаковых условиях в диапазоне температур 30-300 °С.

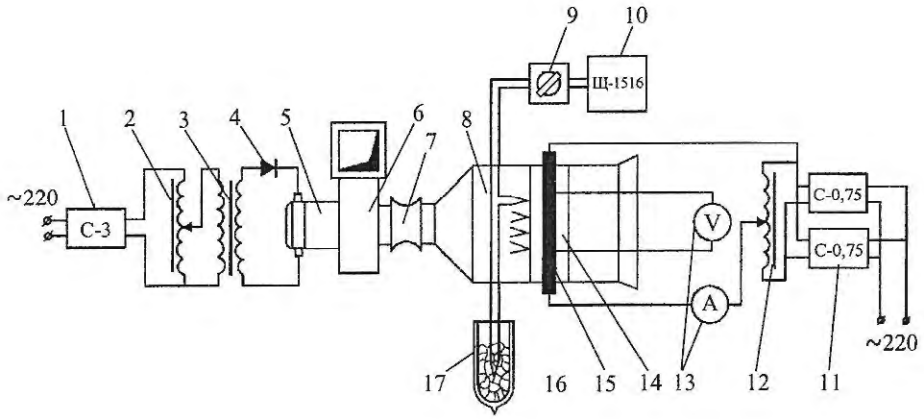


Рис.1. Схема экспериментальной установки
1 – стабилизатор частоты вращения электродвигателя; 2 – ЛАТР для изменения частоты вращения электродвигателя; 3 – понижающий трансформатор; 4 – выпрямитель; 5 – электродвигатель постоянного тока; 6 – центробежный вентилятор; 7 – сопло для измерения расхода воздуха; 8 – аэродинамическая труба разомкнутого типа сечением 63,5 × 493 мм; 9 – термопарный переключатель; 10 – милливольтметр Щ-1516; 11 – стабилизаторы цепи электронагревателя; 12 – ЛАТР для изменения мощности, подводимой к электронагревателю; 13 – комплект приборов для измерения подводимой мощности; 14 – калориметр в виде ребристой трубы; 15 – электрический нагреватель; 16 – комплект термопар; 17 – сосуд Дьюара для термостатирования холодных спаев термопар

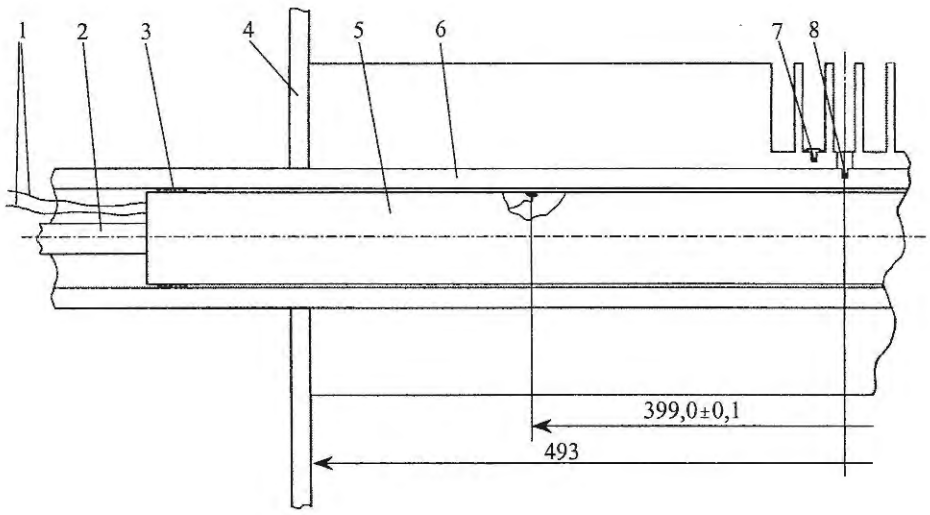


Рис.2. Калориметр
1 – потенциальные отводы на вольтметр; 2 – медный токопровод диаметром 10 мм; 3 – изолятор из стекловолокна; 4 – стенка канала рабочего участка аэродинамической трубы; 5 – электрический нагреватель из тонкостенной нержавеющей трубы; 6 – исследуемая оребренная труба; 7 – медь-константановая термопара для измерения температуры в ребристой оболочке; 8 – медь-константановая термопара для измерения температуры в несущей трубе

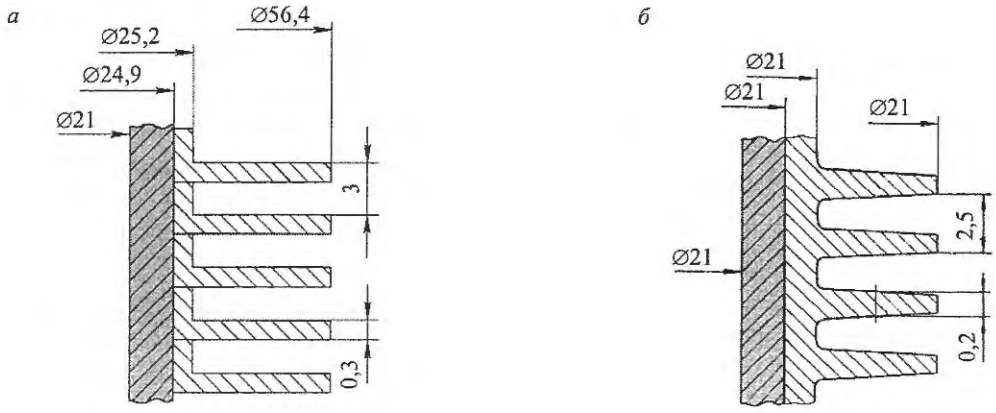


Рис.3. Геометрические характеристики исследованных труб
а – труба с навитым *L*-образным оребрением; *б* – труба с накатным оребрением

Эксперименты проводились в Московском энергетическом институте на кафедре теоретических основ теплотехники. Был разработан стенд по измерению плотности теплового потока и перепада температур в месте контакта несущей стальной трубы и алюминиевой ребристой оболочки.

Экспериментальная установка (рис.1) представляла собой аэродинамическую трубу 8 разомкнутого типа (сечением 63,5 × 493 мм), в рабочем участке которой размещался калориметр 14 в виде ребристой трубы. Циркуляция воздуха в аэродинамической трубе обеспечивалась центробежным вентилятором 6.

Для обеспечения равномерного поля скоростей набегающего на калориметр воздуха перед рабочим участком был предусмотрен стабилизирующий участок, выполненный из листовой стали.

Изменение числа оборотов двигателя постоянного тока 5, приводящего вентилятор, обеспечивалось при помощи ЛАТРа 2, понижающего трансформатора 3 и диода 4. Стабильность частоты вращения двигателя обеспечивалась стабилизатором 1 типа С-3,0.

Помещенный внутри калориметра электронагреватель 15 подключался к ЛАТРу 12, что позволяло менять подведенную к нему электрическую мощность и, следовательно, величину теплового потока. С целью обеспечения стационарности процесса теплопередачи напряжение, подаваемое на ЛАТР 12, стабилизировалось при помощи двух параллельно включенных стабилизаторов 11 типа С-0,75.

Калориметр (рис.2) представлял собой образец исследуемой биметаллической ребристой трубы, внутри которого помещался электронагреватель 5.

Для того, чтобы при проведении экспериментальных исследований исключить влияние оттока тепла по концам трубы, измерялась не вся подведенная к калориметру мощность, а только подводимая к центральной части электронагревателя длиной 399 мм.

Для измерения температур несущей трубы 6 и ребристой оболочки в них заделывались термопары 7, 8, изготовленные из медного и константанового проводов (диаметр 0,1 мм, шелковая изоляция, которая дополнительно пропитывалась жидким стеклом).

На рис.3 приведены геометрические характеристики исследованных ребристых труб.

В опытах определяли значения КТС по значениям температурного скачка и теплового потока в зоне контакта.

В начале опытов устанавливалось максимальное число оборотов вентилятора и подавалось питание на электронагреватель калориметра. После достижения стационарности процесса теплопередачи замеряли значения ЭДС термопар, расположенных на калориметре.

После выполнения всех замеров уменьшением напряжения на электродвигателе

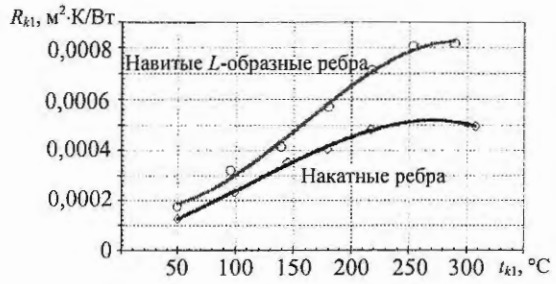


Рис.4. Зависимость значения КТС R_{k1} от температуры t_{k1} в зоне контакта

снижали число оборотов вентилятора, что приводило к увеличению температуры в зоне контакта калориметра, так как подведенная к электронагревателю мощность на протяжении серии опытов оставалась постоянной. При достижении после снижения числа оборотов вентилятора стационарности процесса теплопередачи вновь выполняли необходимые измерения.

Испытания производили с измерением перепадов температур с шагом $\Delta t \approx 50$ °С при различных плотностях теплового потока: $q_к = 5000 \div 15000$ Вт/м^2.

Проведенные исследования по измерению контактного термического сопротивления (КТС) показали, что при повышенных значениях температур (в диапазоне от 150 до 300 °С) накатные трубы имеют значительно меньшее (до 60 %) КТС, по сравнению с навитыми трубами (рис.4). После серии экспериментов алюминиевая лента *L*-образного оребрения изменила свои механические свойства (отожглась). Дополнительные исследования показали, что нагрев образца до 200 °С не привел к заметному отжигу алюминиевых ребер.

На основе проведенных экспериментальных исследований при внедрении в промышленность *L*-образных навитых труб рекомендуется:

- обеспечить механическое закрепление *L*-образной ленты хомутами для предотвращения ее раскручивания;
- наружную поверхность несущей трубы выполнять с рельефной накаткой или с выступами значительной высоты с целью снижения КТС;
- устранить зазоры между соседними витками оребрения с целью предотвращения коррозии несущей трубы.

Таким образом, трубы с навитым *L*-образным оребрением производства ЗАО «Октябрьскхиммаш» можно использовать взамен труб с накатным оребрением в диапазоне температур до 200 °С. Расчет АВО с таким типом оребрения труб следует проводить по стандартным методикам.

Научный руководитель доц. *В.А.Лукьянов*