

Повышение энергетической эффективности модернизируемых теплообменных трубных пучков аппаратов воздушного охлаждения

В.Б. Кунтыш, А.Б. Сухоцкий (Белорусский ГТУ),
В.П. Мулин, А. Ш. Миннигалиев (ЗАО «Октябрьскимаш»)

К настоящему времени в России и странах СНГ находятся в эксплуатации со сроком более 30 лет тысячи аппаратов воздушного охлаждения (АВО) первого и второго поколения [1], пучки теплообменных секций которых состоят из биметаллических ребристых труб (БРТ) с накатанными спиральными алюминиевыми ребрами (коэффициент оребрения БРТ $\varphi \approx 9,4...15,2$). БРТ теплообменных секций после длительной эксплуатации физически и морально изношены, поверхность оребрения сильно загрязнена (особенно межреберные каналы, которые не поддаются очистке), наблюдается локальная коррозия боковой поверхности ребер, возросла ее шероховатость, вершины ребер имеют надрывы. Результатом действия этих факторов является ощутимое снижение теплопроизводительности (отводимый тепловой поток) АВО, увеличенное потребление электроэнергии приводом вентилятора. Остальные элементы теплообменных секций (трубные решетки, продуктовые крышки, фланцы, боковые стенки) не потеряли нормативных физико-механических свойств, удовлетворяют условию прочности и требуют лишь замены крепежа и прокладок.

Примененные БРТ в АВО первого и второго поколения изготовлены поперечно-винтовой холодной прокаткой в трехвалковых станах ХПРТ конструкции и технологии, созданной во ВНИИметмаше [2] более 60 лет тому назад. При этом в качестве исходных заготовок применяются биметаллические трубы – несущие круглые трубы (сталь, латунь, медь, мельхиор и др.) с механически плотно насаженными на них толстостенными гладкими трубами из алюминиевого сплава АД1М.

Производительность оборудования для изготовления БРТ АВО с минимальным шагом ребер $s = 2,3...2,5$ мм и диаметром по оребрению $d = 57$ мм на несущих трубах наружным диаметром $d_{н} = 25$ мм не превышает 5...6 мм/мин. При $\varphi \approx 9,4...15,2$ возможно изготовление одно-, двух- и трехзаходных ребер. Установленная мощность привода равна 75...85 кВт. Однако такой процесс изготовления БРТ сопряжен со значительным расходом материала оребрения и электроэнергии. Несмотря на это традиционным методом изготавливается для АВО около 70–80% оребренных труб. После ряда усовершенствований достигнуты следующие показатели: средняя минимальная толщина ребра $\Delta = 0,50...0,55$ мм, наибольшее значение высоты ребра $h = 15,2$ мм; диаметр по основанию ребер $d_0 = 26,6$ мм.

Для тепловых режимов АВО энергетически оптимальной средняя толщина ребра $\Delta = 0,30...0,35$ мм [3], которая значительно меньше толщины, реализуемой технологией ВНИИметмаша. Из сравнений толщины ребер видно, что теплообменные БРТ с накатанными ребрами характеризуются необоснованным перерасхо-

дом дорогостоящего алюминия. Замена труб в модернизируемых пучках новыми (но прежнего конструктивного исполнения) не улучшит тепловые, массовые и стоимостные показатели АВО.

Накатанным ребрам присуща также значительная жесткость, что усложняет применение технологически эффективных способов интенсификации теплоотдачи турбулизацией пограничного слоя на поверхности оребрения и в межреберных каналах [1]. Таким образом, для достижения эффекта от модернизации необходимо применение нового энерго- и ресурсосберегающего конструктивного типа БРТ.

Анализ научно-технической литературы показал, что в 70-х годах прошлого столетия начали создавать специальное оборудование и промышленно обрабатывать процесс оребрения труб для АВО методом спиральной навивки ленты исходной толщиной $\delta = 0,4$ мм из пластичного металла (алюминий, медь). Эта толщина ленты позволяла сформировать ребро оптимальной толщины и обеспечить снижение стоимости 1 м БРТ вследствие меньшего расхода материала на оребрение.

Процесс навивки ленты в спираль разными производителями оребренных труб отличается друг от друга. Так, разработанный во ВНИИПТхимнефтеаппаратуры (г. Волгоград) процесс навивки ленты 3 (рис. 1) в спираль на клин [4] включает тарельчатый диск 1, приводной полый шпиндель 2 с конусным рабочим торцом и несущую трубу 4. Фирма Spiro-Gills (Франция), оборудование

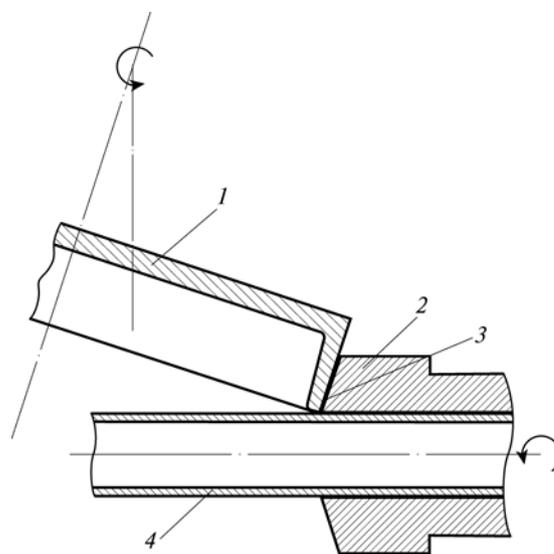


Рис. 1. Процесс навивки ленты в спираль, разработанный во ВНИИПТХНА

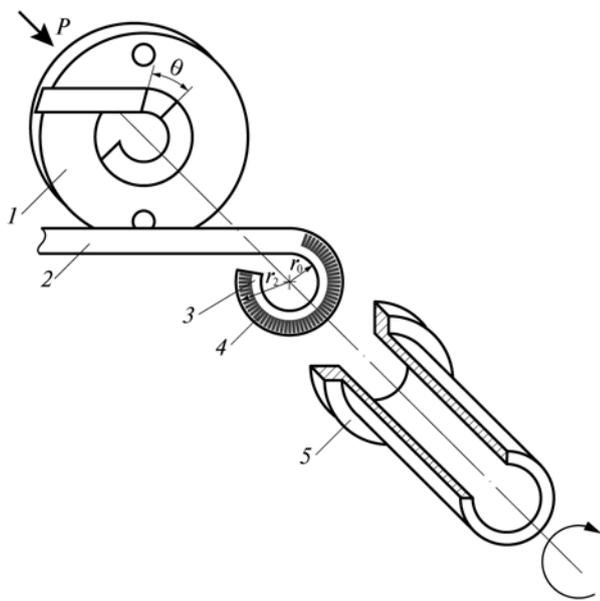


Рис. 2. Процесс навивки ленты в спираль, разработанный в ЭНИКмаш

которой эксплуатируется на некоторых предприятиях России и стран ближнего зарубежья, осуществляет процесс навивки спирали также по методу прокатки ленты на клин. Различие состоит лишь в том, что вместо тарельчатого диска установлен приводной конический ролик, который во взаимодействии с приводным коническим шпинделем образуют зазор в виде клина, где и происходит деформация (прокатка) ленты с образованием спирали. Такая же схема процесса применяется у фирмы McELROY (США).

Несмотря на обеспечение оптимальной толщины ребра, невысокая скорость оребрения (до 3,0...3,5 м/мин) сдерживала широкое внедрение этого процесса в производство БРТ для АВО.

В ЭНИКмаше (г. Воронеж) разработан [5] процесс навивки ленты в спираль (рис. 2) с более высокой скоростью оребрения. Лента 2 направляется в канал формообразующего фланца 1 (неподвижная часть инструмента), а вращающийся инструмент 5 с выполненными на торцах его выступами, отпечатки 4 которых видны на витке спирали 3 внутренним радиусом r_0 и наружным r_2 , образуют с ним рабочий зазор, необходимый для осуществления навивки ленты в спираль. Этот зазор должен быть постоянным и поддерживается усилием P . При вращении инструмента 5 выступы на его торце внедряются в ленту и закручивают ее в спираль в формообразующем фланце 1 на площадке, ограниченной углом θ .

Формообразующий фланец может иметь два канала для подачи ленты, что представляет возможность одновременной навивки двух лент на несущую трубу (двухзаходное оребрение) и по сравнению с аналогичными отечественными и зарубежными процессами оребрения при прочих равных условиях позволяет увеличить производительность в 2 раза (скорость оребрения до 7 м/мин). Созданное для этого процесса оборудование успешно эксплуатируется более десяти лет в ЗАО «Октябрьскхиммаш» (г. Октябрьский). Установленная

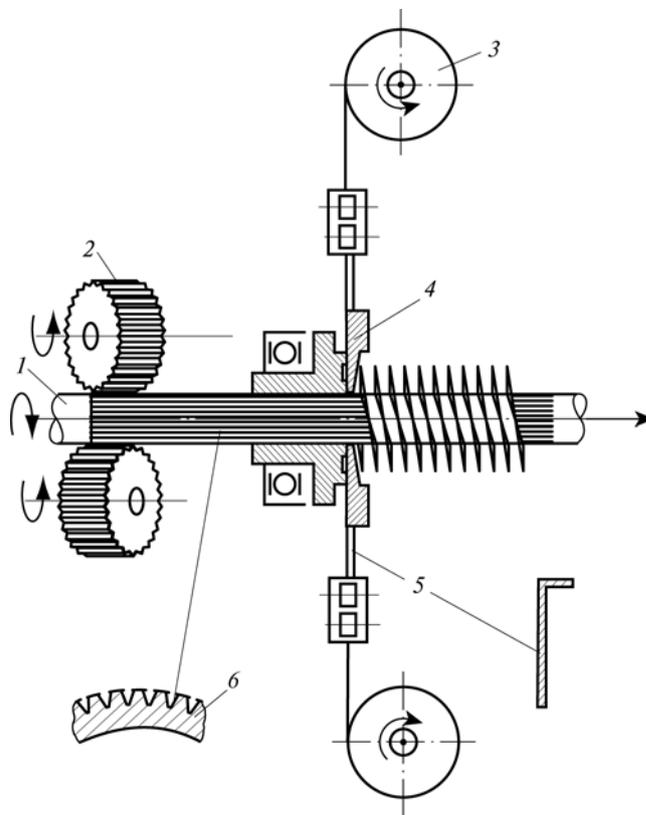


Рис. 3. Реализованный ЗАО «Октябрьскхиммаш» технологический процесс изготовления теплообменных труб с двухзаходными навитыми KLM-ребрами

мощность привода – 31,5 кВт; расход электроэнергии на оребрение 1 м несущей трубы диаметром $d_n = 25$ мм составляет 0,60...0,65 кВт·ч. Оребрение возможно как алюминиевой, так и медной или латунной лентой (установленная мощность привода на станке ХПРТ–28–40 Б12 составляет 85 кВт, а расход электроэнергии на оребрение накаткой 1 м несущей трубы в среднем равен 1,12...1,45 кВт·ч).

Реализованный ЗАО «Октябрьскхиммаш» технологический процесс изготовления теплообменных труб с двухзаходными навитыми KLM-ребрами [6] осуществляется следующим образом (рис. 3). Исходные несущие трубы укладываются на стеллаж подачи. Одновременно с этим на разматывающих устройствах 3 укладываются рулоны алюминиевой ленты толщиной $\delta = 0,4$ мм, концы которой предварительно спрофилированы в L-образное поперечное сечение 5 и закреплены в навивочный инструмент. С пульта управления подается команда на подачу несущей трубы в устройство для калибровки наружного диаметра, т.е. приведения его к единому размеру; далее откалиброванная труба 1 вращается и перемещается к устройству накатки, в котором посредством роликов 2 механически формируются на поверхности трубы продольно-радиальные бороздки-выступы (рифления) 6, необходимые для механического закрепления горизонтальной полки L-ленты со стенкой трубы. Затем труба поступает в механизм навивки 4, в котором осуществляется непрерывная спиральная навивка ленты

с одновременной закаткой обжатием ее горизонтальной полки в рифления следующим образом. Рифленая труба образует зазор между внутренней рабочей поверхностью формообразующего фланца, величина которого меньше исходной толщины ленты на 30–50%. При вращении труба обжимает горизонтальную полку L-ленты таким образом, что ее материал заполняет пространство между рифлениями, фиксируя ребро спирали и обеспечивая необходимый прочно-плотный механический контакт.

Таким образом, теплообменным трубам с KLM-ребрами (в сравнении с трубами, оребренных накатанными ребрами) присущи следующие неоспоримые достоинства:

- меньшая в 1,5–2,0 раза масса алюминия на оребрение 1 м трубы, что с учетом высокой цены на этот металл существенно снижает капитальные затраты на АВО;
- меньшее в 1,9–2,2 раза потребление электроэнергии на оребрение 1 м трубы;
- малая шероховатость (не менее 8-го класса чистоты) поверхности оребрения, что снижает аэродинамическое сопротивление теплообменных секций АВО и, как следствие, уменьшает потребление энергии приводом вентиляторов (в конечном счете повышается конкурентоспособность обрабатываемого технологического продукта);
- высокая пластичность алюминиевого KLM-ребра, что упрощает применение устройств для расчленения ребер с отгибкой концов для турбулизации потока воздуха и периодического прерывания и обновления пограничного слоя на боковой поверхности ребра;
- возможность обеспечения теплоэнергетически оптимальной толщины ребра;
- надежный механический контакт ребра со стенкой несущей трубы и защита трубы от внешней атмосферной коррозии;
- наличие освоенного промышленностью технологического процесса и оборудования для его реализации.

Однако, несмотря на высокие показатели и технические характеристики труб с KLM-ребрами, широкое внедрение их сдерживается главным образом из-за консервативности мышления и высказываемого постоянно довода о том, что температура стенки в контакте ребра с трубой ограничена 275°C. Превышение этой температуры может вызвать снижение эксплуатационной надежности АВО по поддержанию проектной температуры охлаждаемого продукта на выходе из аппарата. Однако, во-первых, в освоенных ЗАО «Октябрьскиммаш» типах KLM-ребер с новой конструкцией механического контакта [7] при температуре в контакте до 320°C надежность обеспечивается. Во-вторых, в промышленных технологических процессах до 90% охлаждаемых продуктов имеют температуру не выше 270...280°C (ректификационные установки переработки нефти, разделения газов, переработка газа, охлаждение природного газа, электроэнергетика).

В связи с этим, при модернизации АВО, заключающейся в замене БРТ пучков теплообменных секций при прежнем вентиляторном узле, энергетически и технико-экономически целесообразно применять трубы с KLM-ребрами. Модернизация должна сопровождаться обязательным сохранением проектного теплового потока аппарата, а наиболее предпочтительно его возрастание без дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат.

Тепловой поток аппарата

$$Q = kF\Delta t_{cp}, \quad (1)$$

где k – коэффициент теплопередачи; F – площадь поверхности теплообмена (оребрение); Δt_{cp} – средний температурный напор аппарата.

В различных технологических установках и процессах установлено значительное количество АВО первого поколения со сроком эксплуатации теплообменных секций более 25 лет, теплообменные трубы которых физически изношены, технически устарели и требуют замены. Теплообменные секции этих АВО состоят из БРТ с накатанными алюминиевыми ребрами $d \times d_0 \times h \times s \times \Delta = 49 \times 28 \times 10,5 \times 3,5 \times 0,85$ мм, где $d, d_0 = d - 2h, h, s, \Delta$ – соответственно наружный диаметр ребра, диаметр ребра по его основанию, высота, шаг и средняя ширина ребра. Коэффициент оребрения трубы $\varphi = 9,4$. Ребра накатаны на несущей трубе наружным диаметром $d_n = 25$ мм. Оребренные трубы размещены в решетках шахматного пучка по вершинам равностороннего треугольника с шагом $S_1 = S_2 = 52$ мм, где S_1, S_2 – соответственно поперечный и диагональный шаг. Продольный шаг $S_2 = 0,866S_1 = 45$ мм.

При модернизации таких пучков первым техническим решением является применение серийной трубы с KLM-ребрами ЗАО «Октябрьскиммаш» со следующими геометрическими параметрами – $d \times d_0 \times h \times s \times \Delta = 49 \times 25,6 \times 11,7 \times 3,5 \times 0,35$ мм, $\varphi = 11,7$. В пучке сохраняются неизменными значения шагов S_1 и S_2 , а значит, и число труб n . Площадь поверхности теплообмена

$$F = \pi d_0 \varphi l n,$$

где l – длина трубы. Применение рекомендуемых труб увеличит площадь поверхности теплообмена по сравнению с исходным пучком (аппаратом) в $\Delta F = d_0 \varphi / (d_0 \varphi)_{исх} = 25,6 \cdot 11,7 / 28,0 \cdot 9,4 = 1,14$ раза. Согласно формуле (1), при сохранении одинаковым коэффициента теплопередачи в исходном пучке и после его модернизации (что подтверждается расчетами [8]) тепловой поток АВО возрастет на 10–14%. Масса алюминия на оребрение снизится более чем в 2,3 раза, что благоприятно отразится на стоимости пучка.

Вторым техническим решением является применение трубы с разновысокими KLM-ребрами, разрез

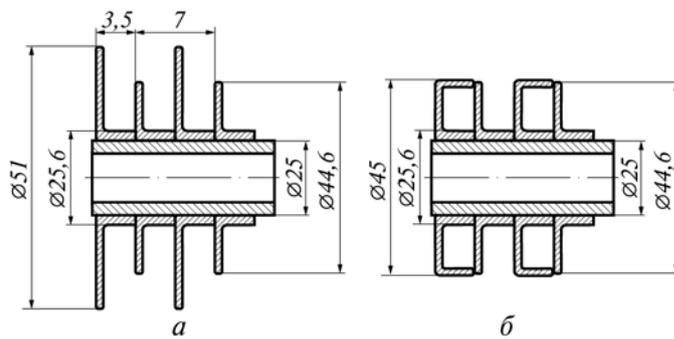


Рис. 4. Трубы с разновысокими KLM-ребрами (а) и с подогнутыми спиральными KLM-ребрами (б)

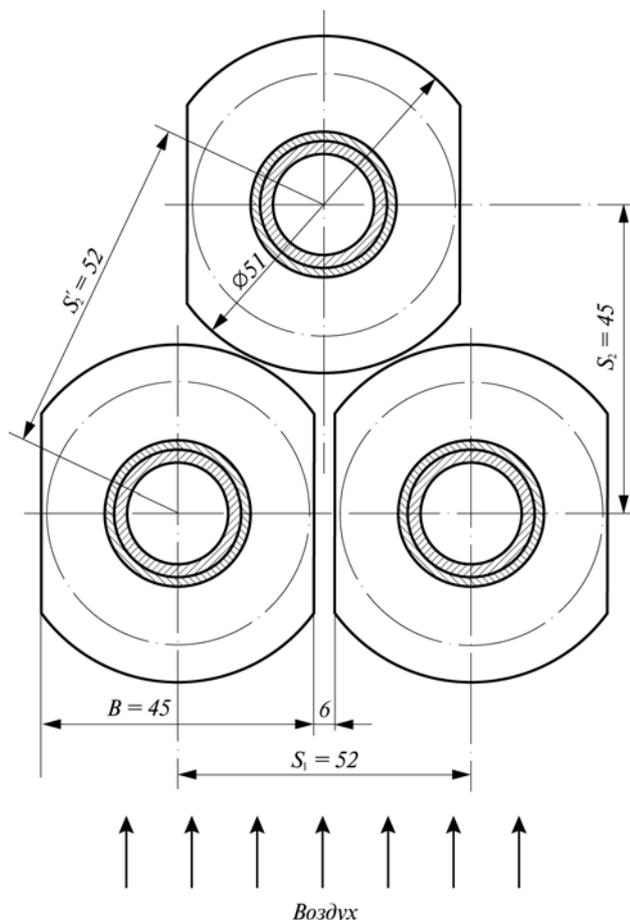


Рис. 5. Размещение теплообменных труб с подогнутыми ребрами в модернизируемом пучке

которой изображен на рис. 4, а, с последующей плоско-параллельной подгибкой высоких ребер, в результате чего получается труба, показанная на рис. 4, б (не указанные на рисунке размеры соответствуют размерам исходной трубы на рис. 4, а). Фрагмент пучка из этих труб изображен на рис. 5. Видно, что труба с этими параметрами комплектуется в пучок с шагами S_1 и S_2 модернизируемого АВО.

Для спиральной навивки высокого ребра требуется алюминиевая лента шириной $B_1 = 16,1$ мм, для низкого ребра – $B_2 = 12,9$ мм. Исходная толщина ленты $\delta = 0,4$ мм. Остальные дополнительные размеры (не указанные на рис. 4, а) следующие: высота и средняя толщина высокого ребра $h_1 = 12,7$ мм, $\Delta_1 = 0,38$ мм; низкого ребра – $h_2 = 9,5$, $\Delta_2 = 0,39$ мм. Коэффициент оребрения трубы $\phi = 11,0$. Такое же значение ϕ имеет также труба с подогнутыми ребрами. Площадь поверхности теплообмена этих труб выше, чем у трубы с накатанными ребрами, в $\Delta F = 1,07$ раза.

Разновысокие ребра создают улучшенную аэродинамику, выражающуюся в меньшем градиенте скорости по высоте межреберной полости, что повышает интенсивность теплоотдачи на 10–13% [9], и с учетом возросшей площади теплообмена аппаратная тепловая

мощность увеличится в среднем на 12%. Аэродинамическое сопротивление пучка снижается на 18–42% и требуется меньший расход алюминия для оребрения по сравнению с равновысокими KLM-ребрами. Технологический процесс изготовления труб с двухзаходными разновысокими KLM-ребрами не претерпевает изменений.

Применение труб с высокими подогнутыми ребрами способствует интенсификации теплоотдачи на 10% и пропорциональному росту аэродинамического сопротивления, что энергетически выгодно.

Для подгибки вершин ребер создано [10] и апробировано ЗАО «Октябрьскимаш» устройство, обеспечивающее качественное выполнение этого процесса (рис. 6).

Устройство состоит из двух кареток 4, в которых установлены роликодержатели 3 с роликами 2, размещенными на оси 1 с возможностью свободного вращения. Каретки 4 с помощью шпонок 6 установлены на направляющих 5, которые жестко закреплены на станине 7 посредством стоек 8, размещенных вдоль станины. Привод кареток 4 для продольного перемещения по направляющим 5 состоит из мотор-редуктора 14 с реверсивным электродвигателем, звездочек 15, роликовой цепи 13, вала 12. Концы цепей закреплены на каретках с помощью держателя и переходного звена 16. Каретки снабжены упорами 18, в пазах которых расположены регулировочные винты 17. Фиксация положения роликов 2 с держателем 3 осуществляется винтами 19. Во избежание вибраций и перекосов кареток 4 при их движении по направляющим 5 они скреплены между собой планкой 20. Для удержания оребренной трубы 9 в горизонтальном положении на станине 7 установлены стойки 10 с лотком 11, в котором расположены передний и задний упоры.

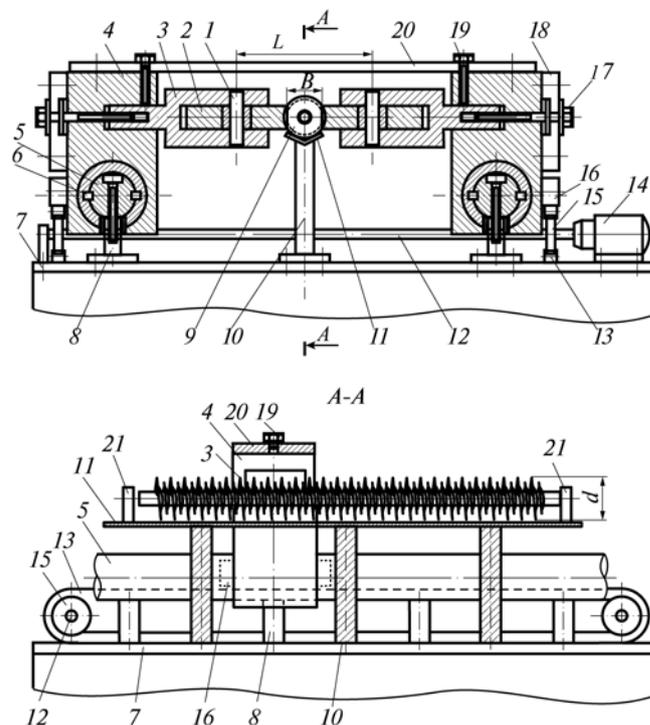


Рис. 6. Устройство для плоско-параллельной подгибки вершин спиральных ребер

Устройство работает следующим образом. Оребренная труба 9 укладывается в лоток 11 средствами механизации (не показаны). Необходимое расстояние L между роликами 2 предварительно выставлено с учетом требуемого значения B . Включается мотор-редуктор 14, и каретки 1 посредством цепной передачи 13, 15 перемещаются по направляющим 5, наезжают на оребренную трубу 9, а ролики 2 деформируют вершины ребер, отгибая их, так как зазор между роликами меньше наружного диаметра ребер на величину отгибки. Оребренная труба 9 в это время удерживается от осевого смещения упором 21. Когда каретки 4 переместятся вдоль всей трубы до концевого переключателя (не показан), отключается привод 14 редуктора. Труба 9 с плоско-параллельными подогнутыми вершинами ребер удаляется с лотка 11 средствами механизации. Затем на лоток 20 укладывается следующая спирально оребренная труба 9 с исходными ребрами диаметром d , после чего происходит переключение электродвигателя редуктора 14 на обратный ход кареток 4, и вновь начинается подгибка вершин ребер роликами 2. Цикл повторяется. Устройство обеспечивает скорость подгибки вершин ребер до 8 м/мин, что превышает скорость спирального оребрения трубы KLM-ребрами 5...7 м/мин и позволяет его компоновать в единую технологическую линию изготовления оребрения трубы без снижения ее производительности. Потребляемая мощность электропривода – до 1,5 кВт.

Третьим техническим решением при модернизации пучков АВО первого поколения является применение серийных БРТ со спирально-навивными KLM-ребрами, описанных выше, но подвергнутых пластической без удаления металла ребра периферийной разрезке (насечке). Конструкция такой БРТ с периферийной разрезкой с шагом через одно ребро (т.е. каждого второго ребра) на небольшую глубину представлена на рис. 7. Элементы разрезанных ребер представляют развернутые на некоторый угол относительно боковой поверхности ребра короткие пластинки с отогнутыми концами. Отогнутые концы являются генераторами вихреобразования, а разрезы разрушают и обновляют пограничный слой воздуха на боковой поверхности. Возникшие вихри турбулизируют течение потока в межреберных каналах. Результатом является интенсификация теплоотдачи при одновременном возрастании аэродинамического сопротивления.

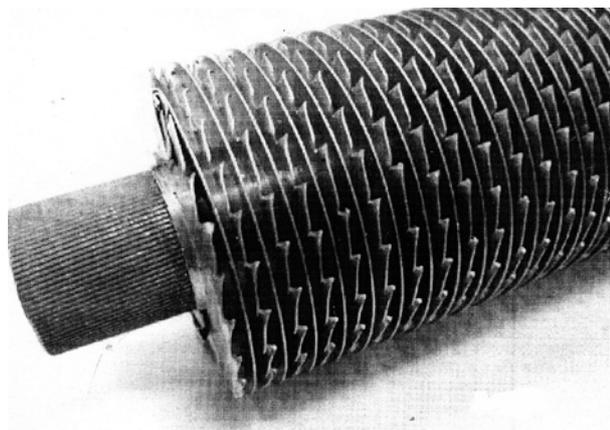


Рис. 7. Теплообменная труба со спиральными двухзаходными разрезными KLM-ребрами

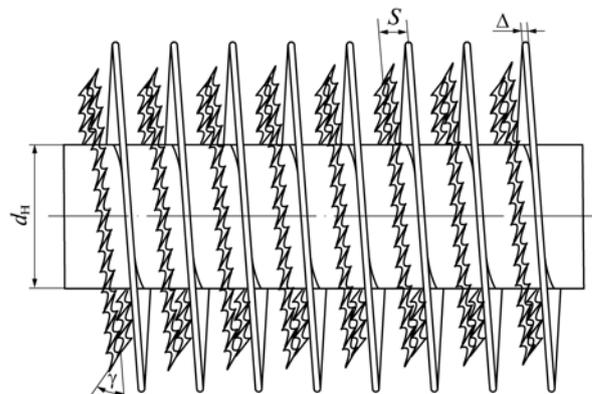


Рис. 8. Теплообменная труба со спиральными двухзаходными разновысокими разрезными KLM-ребрами

Исследованием [11] установлено, что при оптимальных геометрических параметрах разрезки достигается энергетически благоприятное соотношение между увеличенной теплоотдачей по воздушной стороне трубы и возрастающим сопротивлением при расчленении ребер по схеме «сплошное – насечное – сплошное – насечное». При одинаковой затрате мощности на прокачку воздуха через пучок интенсивность теплоотдачи повышается на 23–26%, а тепловой поток Q аппарата увеличивается до 20%. Следовательно, широко применяемые АВО с шестирядными пучками из БРТ с накатанными ребрами без потери тепловой мощности Q можно модернизировать в АВО с пятирядными теплообменными пучками из БРТ с разрезными KLM-ребрами. Экономия БРТ составляет порядка 20% с соответствующими экономическими выгодами.

Возникает естественный вопрос – почему нецелесообразно разрезать все KLM-ребра у трубы? В такой БРТ отогнутые пластинки полностью загромождают межреберные каналы, ухудшается вентиляция их воздухом, аэродинамическое сопротивление возрастает быстрее, чем интенсифицируется теплоотдача [11], что теплоэнергетически не выгодно. Кроме того, повышается склонность к загрязнению поверхности оребрения, затрудняются условия ее очистки.

На рис. 7 отчетливо видны продольные рифления типа «бороздка – выступ» на наружной поверхности несущей трубы, в которые закатана горизонтальная полка навиваемой алюминиевой L-образной ленты, а такую конструкцию принято называть БРТ с KLM-ребрами. Одновременно с изготовлением БРТ осуществляется разрезка KLM-ребер, для чего на линии оребрения устанавливается специальный узел [12, 13] для разрезки ребер, при этом трудоемкость изготовления не уменьшается. Конструкция узла такова, что не позволяет выполнять разрезку разновысоких ребер, в частности ребер малой высоты (см. рис. 4).

Тепловая эффективность БРТ с разновысокими ребрами также может быть увеличена применением вершинной разрезки низкого ребра по аналогии с разновысокими ребрами (рис. 8).

Почему именно его надо подвергать расчленению на короткие пластинки? Известно [1], что коэффициент эффективности (КПД) низких ребер больше, чем этот показатель высоких ребер при прочих одинаковых

условиях. Интенсификация теплообмена с поверхности низких ребер выравнивает коэффициенты эффективности, и в итоге средний коэффициент теплоотдачи стремится к наибольшему значению. Тепловая мощность АВО при тех же габаритных размерах возрастет. Такой подход наиболее продуктивен, так как интенсификация теплоотдачи протекает при пропорциональном повышении аэродинамического сопротивления для оптимальных геометрических параметров разрезки. Достаточной глубиной (высотой) разрезки является 3...4 мм.

Для изготовления БРТ с разрезным низким ребром разработан узел [14], конструкция которого представлена на рис. 9. Узел входит в состав линии для двухзаходного спирального оребрения труб с KLM-ребрами (см. рис. 3). Здесь более детально показан основной фрагмент линии, а именно: навивочный инструмент, состоящий из формообразующего фланца 2, вращающегося инструмента 1, корпуса 3 и средств привода шестерен 5 и приводного колеса 4.

Узел для разрезки вершин ребер смонтирован на корпусе 3 навивочного устройства с помощью плиты 9, несущей ось 20 с закрепленными на ней рычагами 19 и 21. Рычаг 23 снабжен планкой 22, на которой с возможностью разворота размещена опора 6 и несущая ось

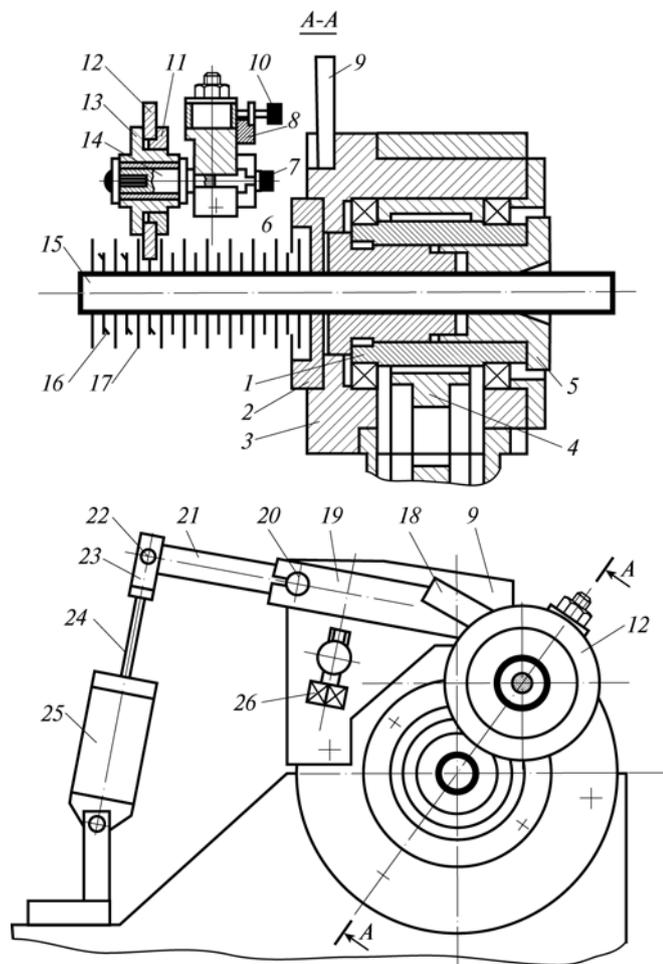


Рис. 9. Узел разрезки вершин низких ребер теплообменной трубы с разновысокими KLM-ребрами

14. На оси 14 с возможностью свободного вращения установлен фланец 13 с закрепленной на ней фрезой 12 с помощью фланца 11.

Фреза 12 имеет ножевую часть зубьев, расположенных под углом к торцу фрезы. Опора 6 снабжена фиксатором, выполненным в виде дополнительной планки 8 с регулировочным винтом 10, обеспечивающим регулировку угла разворота фрезы 12 в зависимости от шага оребрения. Плита 9 имеет упор 26, взаимодействующий с рычагом 23, ограничивающий и регулирующий глубину внедрения фрезы 12 в низкие ребра 16 двухзаходной оребренной трубы 15 с разновысокими ребрами 16, 17.

Рычаг 25 взаимодействует через ось 22 и серьгу 23 со штоком 24 пневмоцилиндра 25, приводя в движение фрезу 12 в направлении к ребрам 16. Для ориентирования положения фрезы 12 относительно ребер 16 служит регулировочный винт 7.

Устройство работает следующим образом. Перед началом работы фреза 12 повернута на угол, соответствующий шагу оребрения и установлена относительно высоких ребер 17 таким образом, что при движении к трубе 15 фреза 12 точно опустится на низкое ребро 16. Поскольку фреза 12 свободно посажена на ось 14, а оребренная труба 15 вращается, при соприкосновении фрезы с низким ребром 16 она начинает вращаться и одновременно под действием пневмоцилиндра 25 врезаться в ребро, разрезая его вершину на заданную высоту. Так как зубья фрезы выполнены под углом к ее торцу, разрезаемый элемент на ребре отгибается на угол γ .

Рассеченные и отогнутые элементы вершины низкого ребра при работе оребренной трубы в составе секций АВО создают условия для турбулизации воздушного потока, омывающего соседние высокие ребра, разрушая пограничный воздушный слой на поверхности ребер, повышая тем самым энергетическую эффективность трубы. Наличие только одной фрезы, вступающей во взаимодействие с низким ребром и свободно размещающейся между высокими ребрами, значительно уменьшает вероятность смятия ребер и повышает надежность работы и качество оребренных труб. Узел апробирован в ЗАО «Октябрьскхиммаш» и обеспечил качественную и надежную разрезку низких ребер трубы с разновысокими ребрами.

В приведенных конструкциях БРТ заложены промышленно реализованные способы интенсификации теплообмена, что является залогом успешного расширенного изготовления их заводами по производству АВО и газожидкостных теплообменников из ребристых труб.

Список литературы

1. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник/Под общ. ред. В.Б.Кунтыша, А.Н.Бессонного. СПб.: Недра, 1996.
2. Барбарич М.В., Кирпичников Ф.П. Новые методы поперечной и поперечновинтовой прокатки металлов. М.: ВИНТИ АН СССР, 1957.
3. Кунтыш В. Б., Кузнецов Н. М. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения. СПб.: Энергоатомиздат, 1992.
4. Новый процесс оребрения труб лентой/Б. Г. Бунеев, Э.П. Черпилло, В.П. Гришин и др.//Вестник машиностроения. 1981. №6.
5. А. с. СССР 824526. МПК В21D 11/06. Способ гибки ленты на ребро.

6. А. с. СССР 1660784. МПК В21D 11/06, В21С 37/26. Линия для спирального оребрения труб лентой.

7. Энерго- и ресурсосберегающие поверхности теплообмена в аппаратах воздушного охлаждения и технологии их изготовления / В.Б. Кунтыш, А.Б. Сухоцкий, Е.С. Санкович и др. // Химическая техника. 2013. №1.

8. Примеры расчетов нестандартизированных эффективных теплообменников / В.Б. Кунтыш, А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер и др. СПб.: Недра, 2000.

9. Теплоотдача и аэродинамическое сопротивление шахматных пучков из круглых труб с подогнутыми спиральными KLM-ребрами / В.Б. Кунтыш, А.Э. Пиир, В.П. Мулин и др. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2003. №11.

10. Патент Республики Беларусь (РБ) 9409, МПК В 21 D 53/02, В 21 D 11/06, В 21 D 21/00. Устройство для плоско-параллельной подгибки вершин ребер поперечно оребренной трубы.

11. Кунтыш В.Б. Интенсификация теплоотдачи шахматных пучков труб периферийной насечкой спиральных ребер // Изв. вузов. Энергетика. 1993. №5–6.

12. А. с. СССР 1606213 А1. МПК В21 С 37/20, В21 Н 3/12. Инструмент для обработки поперечных ребер теплообменных труб.

13. А. с. СССР 1772960 А1. МПК В21D 11/06, В21С 37/26. Устройство для навивки ленты в спираль.

14. Заявка №и20130535 от 08.08.2013 г., МПК В21С 37/20 на выдачу патента РБ. Устройство для разрезки вершин ребер теплообменной трубы.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ!

Владимиру Леонидовичу Соколову 60 лет



2 октября 2013 г. исполняется 60 лет Владимиру Леонидовичу Соколову – главному механику ООО «КИ-НЕФ», члену Совета главных механиков предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности России и СНГ.

В этом году исполнилось 30 лет с момента прихода В.Л. Соколова в нефтепереработку в должности инженера отдела технического надзора Киришского НПЗ. В дальнейшем Владимир Леонидович восемнадцать лет руководил работой службы технадзора.

В 2008 г. В.Л. Соколов был назначен начальником управления – главным механиком предприятия.

За все годы работы на заводе основным принципом в работе Владимир Леонидович был и остается взвешенный и ответственный подход в принятии технических решений, направленный на обеспечение надежности и безопасной эксплуатации оборудования.

Владимир Леонидович проявил себя технически грамотным специалистом в решении многих сложных задач. Ему присущи такие качества, как скрупулезность в рассмотрении технических вопросов, заинтересованность в достижении наилучших результатов, самостоятельность, способность брать на себя ответственность за принятые решения, умение четко организовать работу.

Владимир Леонидович защитил кандидатскую диссертацию по проблемам защиты от коррозии оборудования установок первичной переработки нефти, имеет степень кандидата химических наук.

Он удостоен званий «Почетный нефтехимик», Почетный работник топливно-энергетического комплекса», «Ветеран производства».

Добросовестный, требовательный к себе и другим, грамотный специалист, искренне болеющий за порученное ему дело, В.Л. Соколов пользуется заслуженным авторитетом коллег и друзей.

Уважаемый Владимир Леонидович!

Примите наши искренние поздравления с юбилеем с пожеланиями дальнейших успехов в сложной и ответственной работе, здоровья и благополучия Вам и Вашим близким!

Коллеги, друзья
Совет главных механиков предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности
Редакция и попечительский совет журнала «Химическая техника»