

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СО ЗМЕЕВИКОВЫМИ ТЕПЛООБМЕННИКАМИ ИЗ ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ

© 2006 Н.С. Чернов

ОАО "АвтоВАЗ", г. Тольятти

Исследования по повышению эффективности теплообмена позволили установить, что змеевиковые теплообменные аппараты из оребренных предложенным в статье способом труб имеют тепловую эффективность на 28...40 % выше чем аналогичные теплообменные аппараты выполненные из труб оребренных традиционными способами.

Теплообменные процессы в промышленности, энергетике, транспорте, требуют различных конструкций теплообменных аппаратов (ТА). Эти конструкции в каждом конкретном случае должны обеспечивать оптимальное сочетание тепловой эффективности, компактности, удобства эксплуатации, по возможности малых капиталовложений и эксплуатационных расходов. Теплообменники современных транспортных силовых установок занимают 20...25% от объема двигателя, что создает трудности при компоновке и обслуживании.

Повышение эффективности теплообменника является одним из самых основных способов улучшения теплотехнических характеристик ТА систем охлаждения энергетических установок.

Следствием интенсификации процессов теплообмена является увеличение коэффициента теплопередачи, который при чистых поверхностях теплообмена определяется коэффициентом теплоотдачи со стороны греющего и нагреваемого теплоносителей.

Интенсификация теплоотдачи связана с ростом затрат энергии на преодоление увеличивающихся гидравлических сопротивлений. Поэтому одним из главных показателей, характеризующих целесообразность интенсификации теплоотдачи в ТА, является энергетическая эффективность.

В настоящее время в промышленности применяют ряд способов интенсификации теплообмена. Например:

- конструирование шероховатых поверхностей и поверхностей сложной формы;

- использование турбулизирующих вставок в каналах;

- увеличение площади поверхностей теплообмена путем оребрения и т.д.

Возможность и целесообразность применения того или иного способа интенсификации для конкретных условий определяются техническими возможностями и эффективностью этого способа.

Одним из наиболее широко используемых способов интенсификации теплообмена является оребрение наружной поверхности при условии направления в межтрубное пространство теплоносителя с низким значением коэффициента теплоотдачи. Оребрение наружной поверхности труб с использованием метода деформирующего резания (ДР) является перспективным способом интенсификации теплообмена и может быть востребован промышленностью для создания надежных и эффективных ТА энергетических установок.

Повышение интенсивности теплообмена ТА может быть достигнута путем увеличения площади теплообменных поверхностей, контактирующих с теплоносителями, за счет формирования макрорельефа, имеющего оптимальные геометрические параметры.

Повышение эффективности теплообмена ТА включает в себя следующие аспекты: совершенствование технологии изготовления теплообменной поверхности с использованием новых методов обработки, например, метода деформирующего резания (ДР) для оребрения теплообменных труб; увеличение компактности за счет применения змеевиковых теплообменных поверхностей (змеевики из оребренных труб);

взаимосвязь геометрических параметров оребренной теплообменной поверхности с эксплуатационными характеристиками ТА и оптимизация конструкций теплообменных аппаратов.

Метод ДР (рис. 1) основанный на подрезании и отгибке слоев поверхностного слоя металла обрабатываемой детали, обеспечивает высокую производительность и широкий диапазон получаемого макрорельефа. Метод реализуется при использовании обычного металлорежущего оборудования и является безотходным. В отличие от обычного резания целью обработки методом деформирующего резания становится получение заданной формы, точности и качества не поверхности детали, а подрезанного слоя (по сути дела стружки).

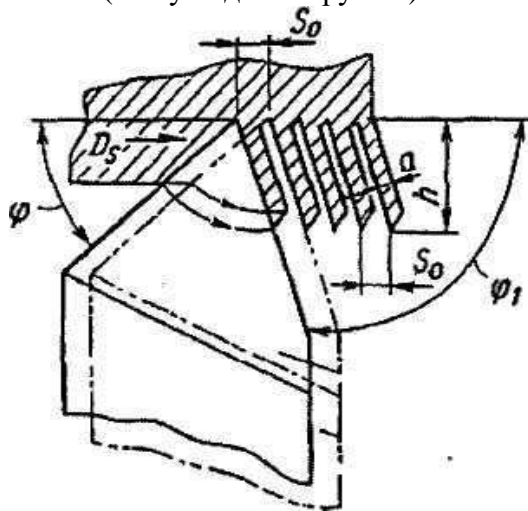


Рис. 1. Схема формообразования оребренной поверхности теплообменной трубы

Инструмент для деформирующего резания имеет геометрические формы, исключаящие разрушения припуска по линии проекции вспомогательной кромки. Подрезание материала поверхностного слоя осуществляется главной режущей „кромкой“, а последующая деформация подрезанного слоя - передней поверхностью инструмента. Вспомогательная кромка инструмента, на которой процесс резания невозможен, определяет окончательное положение подрезанного слоя на заготовке, т. е. наклон ребер. Подрезанные слои остаются на детали в виде ребер и определяют ее эксплуатационные характеристики. Параметрами оребрения влияющими на эксплуатационные характеристики тепло-обменного аппарата являются

высота ( $h$ ) и толщина ( $a$ ) ребер, шаг ( $S_0$ ) оребрения и наклон ребер ( $\varphi$ ). Площадь поверхности после обработки методом деформирующего резания может быть увеличена до 14 раз.

Управление всеми геометрическими параметрами получаемого макрорельефа осуществляется путем выбора геометрических параметров инструмента и режимом деформирующего резания. Изменение шага оребрения осуществляется выбором величины подачи инструмента на один оборот заготовки  $S_0$ , управление толщиной ребра ( $a$ ) - выбором главного угла инструмента в плане  $\langle p$ , наклоном ребер - выбором вспомогательного угла инструмента в плане  $\varphi_1$ , высотой ребер  $h$  - выбором глубины резания  $t$  при выбранном ранее главном угле инструмента в плане  $\langle p$ .

Оребрение труб производится на обычном токарно-винторезном станке с использованием специально заточенного инструмента и дополнительной оснастки. Использование токарных станков позволяет легко перенастраиваться для получения различных типоразмеров на заготовках диаметром от 6 мм и более. Для длинномерных трубных заготовок их диаметр ограничен только размером отверстия шпинделя станка. Внутренний диаметр трубы после получения на ней ребер методом деформирующего резания не изменяется. Наружный диаметр оребренной трубы больше исходного диаметра трубной заготовки на величину, равную высоте полученных ребер. Труба после обработки удлиняется не более чем на 1%. Чем пластичнее материал трубной заготовки, тем шире возможности метода деформирующего резания.

Производительность станка при оребрении зависит от шага оребрения и составляет 4 м трубы в минуту при шаге 0,7 мм. Для теплообменных аппаратов использовано оребрение на длинномерных трубах диаметром 12, 16 и 20 мм и длиной 3 и 4 м, с регулированием шага от 0,4 до 2,5 мм при высоте ребер до 3 мм.

При оптимизации элементов теплообменных аппаратов исследовалось оребрение, полученное с толщиной ребер ( $a$ ), равной ширине межреберного зазора, высотой

ребер  $h = 2...3$  мм при шаге оребрения  $S_0 = 1,5..2,5$  мм.

В результате проведенных экспериментов подтверждены теоретические предпосылки повышения эффективности теплообмена в системах охлаждения с теплообменными аппаратами, элементы которых изготовлены выше описанным способом.

Графики зависимостей параметров теплообменных аппаратов от шага оребрения и от изменения высоты ребер (рис. 2,3,4,5) получены экспериментально на примере теплообменного аппарата "вода - масло".

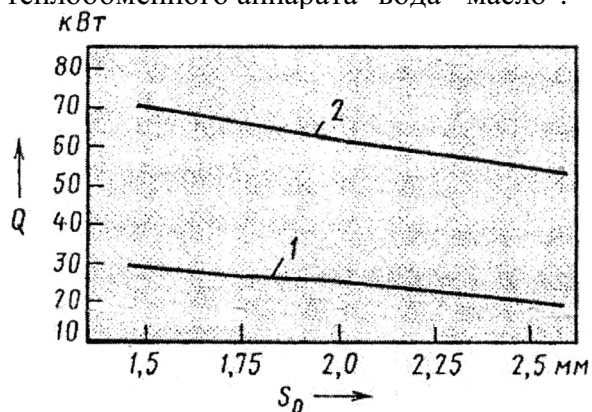


Рис. 2. Зависимость снимаемой с теплообменного аппарата тепловой мощности от шага ребер и температуры охлаждающей среды ("вода—масло"):

- 1 — температура 328 К (55 °С);
- 2 — температура 363 К (90 °С)

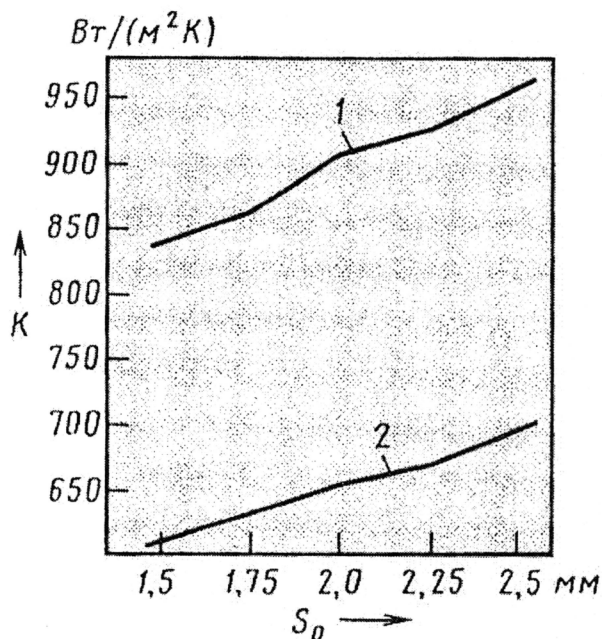


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплопередачи от шага ребер и температуры охлаждающей среды ("вода—масло"):

- 1 — температура 328 К (55 °С);
- 2 — температура 363 К (90 °С)

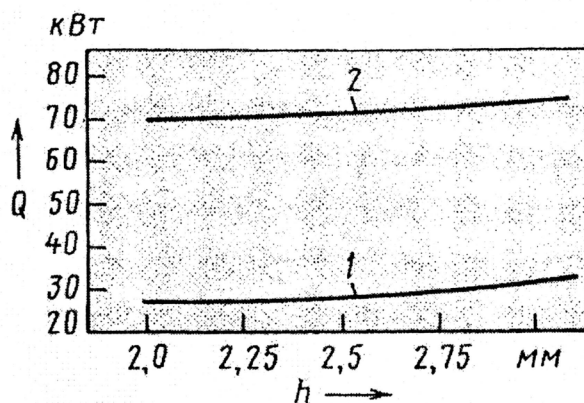


Рис. 4. Зависимость снимаемой с теплообменного аппарата тепловой мощности от высоты ребер и температуры охлаждающей среды ("вода—масло"):

- 1 — температура 328 К (55 °С);
- 2 — температура 368 К (90 °С)

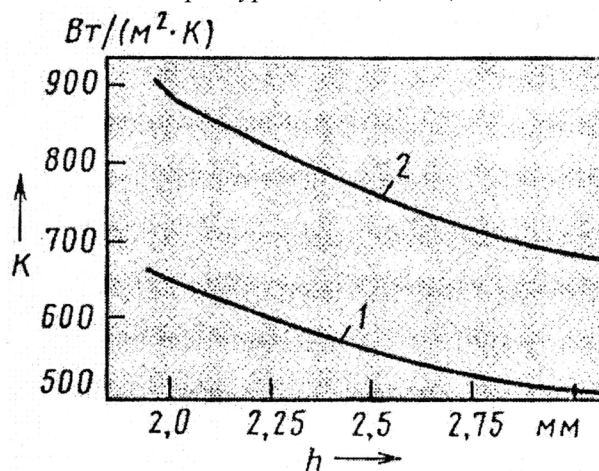


Рис. 5. Зависимость коэффициента теплопередачи от высоты ребер и температуры охлаждающей среды ("вода—масло"):

- 1 — температура 328 К (55 °С);
- 2 — температура 368 К (90 °С)

В процессе экспериментальных исследований установлено, что оребрение, сформированное методом деформирующего резания на трубах, позволяет их гибку с радиусом изгиба меньшими, чем для гладкой трубы, поскольку часто расположенные ребра выполняют функцию элементов жесткости. Эта особенность позволяет навивать (рис. 6) малогабаритные змеевики любого размера, а на их основе разрабатывать малогабаритные эффективные конструкции теплообменных аппаратов. Изготовление змеевиков одновременной навивкой двух ветвей согнутой оребренной трубы (рис. 6, б) позволяет расширять область использования змеевиков в многоходовых, модульных теплообменных аппаратах с односторонним входом и выходом охлаждающей среды, сократить габариты теплообменных аппаратов и упростить их монтаж.

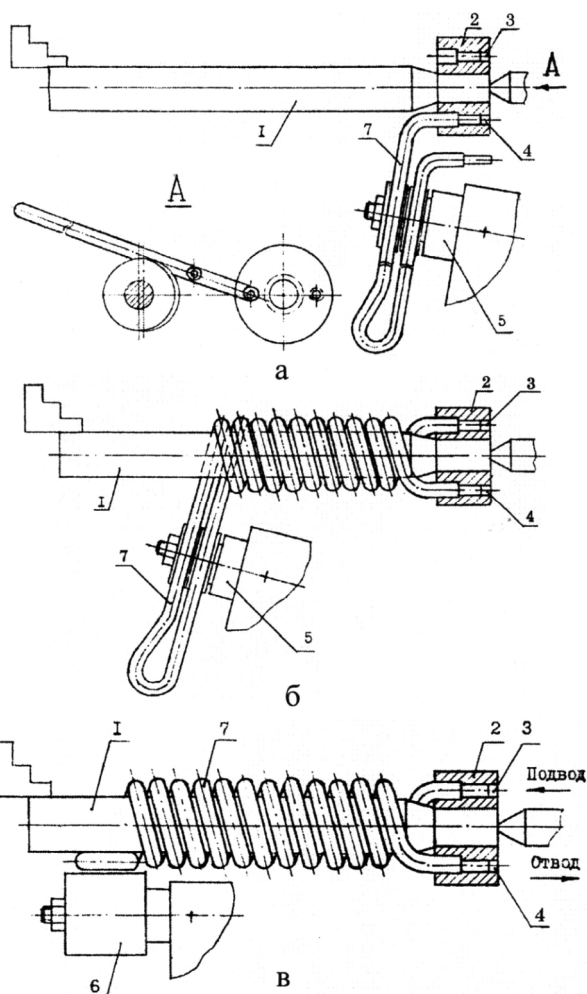


Рис. 6. Способ изготовления змеевиков из оребренных труб: а — закрепление концов оребренной трубы в отверстиях головки; б - одновременная навивка двух ветвей трубы; в - укладка петли после навивки змеевика; 1 - оправка; 2 - головка; 3 и 4 - отверстия; 5 - направляющий ролик; 6 - гладкий ролик; 7 - труба оребренная

Исследования по повышению эффективности теплообмена позволили установить, что змеевиковые теплообменные аппараты из оребренных труб не имеют тепловую эффективность на 28...40 % выше чем аналогичные теплообменные аппараты, выполненные из труб, оребренных традиционными способами, (например, накаткой, проволочное оребрение и т. д.) при этом поверхность теплопередачи, отнесенная к одному погонному метру змеевика, составляет 0,3...0,5 м<sup>2</sup>/м, в то время как у теплообменных аппаратов общепринятого назначения эта величина находится в пределах 0,09... 0,13 м<sup>2</sup>/м.

На рис. 7 представлена конструкция теплообменника, изготовленного с использованием выше описанного способа.

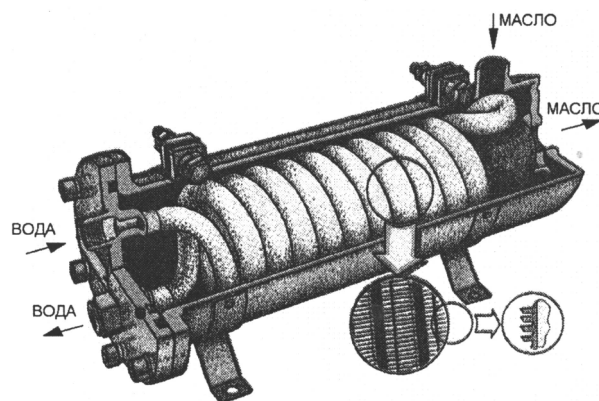


Рис. 7. Теплообменный аппарат со змеевиковым радиатором из оребренной трубы для гидросистем и систем смазки и охлаждения промышленного оборудования

Отечественная промышленность такие теплообменные аппараты не производит.

Теплообменные аппараты змеевикового типа из оребренных труб технологичны в изготовлении, эффективны в работе. Промышленное внедрение змеевиковых теплообменных аппаратов позволило существенно повысить надежность и эффективность технологического оборудования для выпуска автомобилей ВАЗ и полностью отказаться от закупок подобных теплообменных аппаратов за рубежом.

### Список литературы

1. Бажан П.И. Расчет и проектирование охладителей дизелей. - М.: Машиностроение, 1981. - 168 с.
2. Керн Д., Краус А. Развитые поверхности теплообмена. - М.: Энергия, 1977.
3. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. - Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1970.
4. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике. Учебник для авиационных специальностей вузов. В.С. Авдуевский, Б.М. Галицейский и др., Под общ. ред. В.С. Авдуевского. 2-е изд., перераб. И доп. - М.: Машиностроение, 1992. - 528 с.
5. Патент РФ 2087236. Способ изготовления змеевиков из оребренных труб. Чернов Н.С. и др. Б.И. -1994. -№23.

6. Патент РФ 2176061. Теплообменник. Чернов Н.С. Б.И. -2001. -№32.

7. Патент РФ 2236265. Теплообменник. Чернов Н.С. Б.И. -2005. -№30.

Чернов Н.С. Исследование и экономическая оценка эффективности змеевиковых теплообменных аппаратов из оребренных

труб. Материалы всероссийской научно-технической конференции. Технический ВУЗ - наука, образование и производство в регионе. Часть I. Тольятти, -2001.-С 335-341.

## **INCREASE OF EFFICIENCY OF SYSTEMS OF COOLING OF POWER INSTALLATIONS WITH COIL HEAT EXCHANGER FROM GILLED TUBE PIPES**

© 2006 N.S.Chernov

Open Society "Autovases", Tolyatti

Results of the performed research and practical work directed on use in the industry of new technologies and designs coil heat exchanger of devices from gilled tube of pipes, used in technological lines for manufacture of details and units of cars VAZ are presented. Represented heat exchanger devices are small-sized, effective and reliable devices for hydrosystems and systems of cooling of power installations and other industrial equipment. A way of manufacturing coil THAT and designs are protected by patents of the Russian Federation.