

тель», где потребитель выполняет роль технологического и коммерческого диспетчера позволяет обучать школьников проблемам анализа режимов работы систем электроснабжения, проектирование систем электроснабжения, учёт электрической энергии, качество электрической энергии, диспетчерское управление нагрузкой, планирование и прогнозирование электрических режимов, энергоэффективность и т.д.

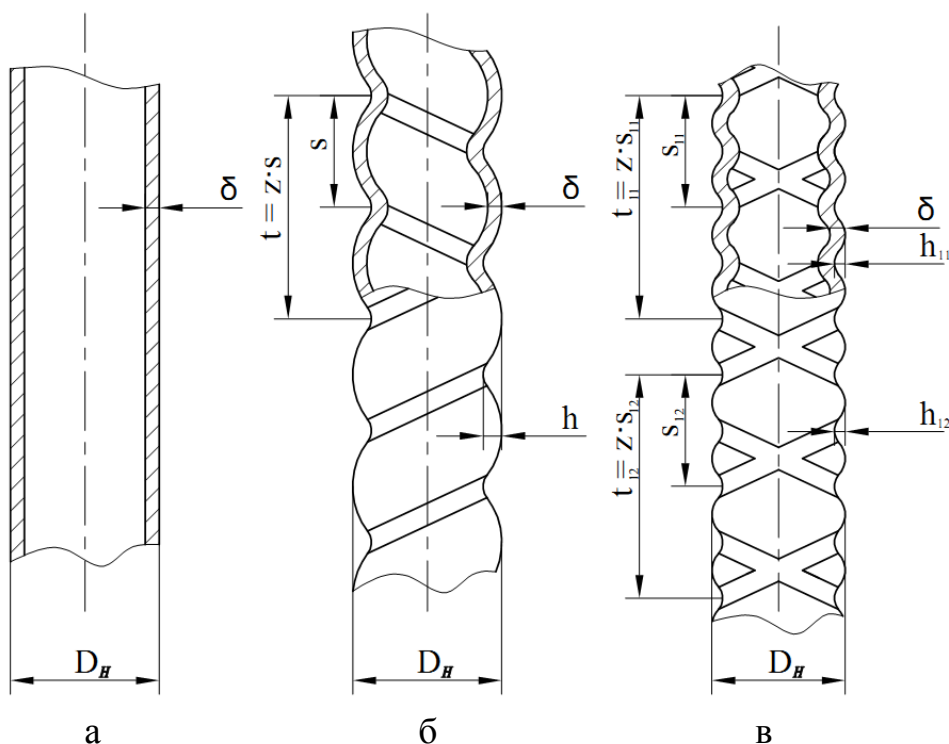
Кроме того, введение в систему обучения предмета «Энергетическая эффективность» с лабораторным и информационным обеспечением, ещё на стадии обучения в школе, позволяет: качественно улучшить подготовку абитуриентов для УрФУ, разрабатывать и испытывать различные модели потребительского поведения, реализовать программу энергетической эффективности школы по существу. Также такая схема обучения позволяет повысить ответственность учащихся за потребление энергетических ресурсов, вложить свой интеллект в повышение энергетической эффективности и выработать культуру потребления и культуру энергетической эффективности, что является главной стратегической задачей проекта.

Проект «Школа умного потребителя» стал победителем всероссийского конкурса наукоёмких и инновационных проектов и разработок в сфере умной энергетики «Энергопрорыв-2013». План проекта представлен и награждён на Международном экономическом форуме в 2013 г., г. Санкт-Петербург (ПМЭФ-2013). Дорожная карта реализации проекта представлена инвесторам 29 октября 2013 г. на международном энергетическом Форуме UpGRID-2013, организованном Министерством энергетики Российской Федерации, ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Российские сети» в г. Москва 29-31 октября 2013 г.

МАСЛООХЛАДИТЕЛИ С ПРОФИЛИРОВАННЫМИ ТЕПЛООБМЕННЫМИ ТРУБКАМИ

*Мурманский И.Б., Желонкин Н.В., Рябчиков А.Ю., Аронсон К.Э.
УрФУ, lta_ugtu@mail.ru*

Применение профилированных трубок рассматривается в настоящее время как один из перспективных путей повышения эффективности теплообменных аппаратов паротурбинных установок. Широкое применение нашли профильные витые трубки (ПВТ) (рис. б), которые имеют ряд преимуществ перед другими поверхностями теплообмена: хорошая изученность этих трубок; отлаженная, достаточно простая и недорогая технология изготовления трубок; повышение интенсивности теплопередачи в аппаратах с такими трубками (на 15-40 %) в сравнении с гладкотрубными теплообменниками; допустимое в большинстве случаев увеличение гидравлического сопротивления аппарата (до 80 %) и т.д. Дальнейшим развитием данного типа поверхности теплообмена с винтовой накаткой является предложенная авторами поверхность теплообмена со встречной накаткой (ТВН) (рис. в, патент на полезную модель 112752 РФ). Проведенные экспериментальные исследования на трубке со встречной накаткой (ТВН) показали её повышенную эффективность.



Профильные витые трубки:

а – гладкая трубка; б – профильная витая трубка (ПВТ); в – трубка со встречной накаткой (ТВН): h, h_{11}, h_{12} – глубина канавки, мм; s, s_{11}, s_{12} – шаг между соседними канавками, мм; z – число заходов профилирования; δ – толщина стенки трубки; D_n – наружный диаметр трубки

ПВТ изготавливаются из гладких трубок на специальном станке методом планетарной обкатки, закреплённой от вращения гладкой трубки тремя формирующими фасонными роликами малой толщины, которые устанавливались под требуемым углом к оси заготовки и вдавливаются в неё на необходимую глубину. При этом на наружной поверхности трубки образуются винтовые канавки, а на внутренней – соответствующие им выступы. ПВТ изготавливается с правой накаткой и шагом между соседними канавками $s = 8$ мм. При изготовлении трубок ТВН производится дополнительное профилирование ПВТ (правая накатка s_{12}) левой накаткой с необходимым шагом s_{11} .

В сериях модернизированных маслоохладителей, разработанных в УрФУ, реализован ряд конструкторских решений повышающих надежность и эффективность теплообменников:

- оптимизирована компоновка трубного пучка, на основе комплексного расчета тепловых, гидродинамических и надежности характеристик аппарата;
- уплотнен фторопластом периферийный кольцевой зазор между промежуточными перегородками и корпусом маслоохладителя;
- использована профилированная трубка из нержавеющей стали (08X18H10T). При использовании в маслоохладителях трубок из нержавеющей

стали, теплопроизводительность аппаратов снижается из-за более низкой в 6-7 раз теплопроводности стали в сравнении с МНЖ5-1. Для компенсации снижения теплопроизводительности применяется профилирование трубок. Параметры профилирования трубок выбираются применительно к конкретным условиям эксплуатации маслоохладителей;

- применена новая технология крепления трубок в трубных досках с кольцевыми рельефами в отверстиях; такое соединение имеет повышенную надежность, позволяет не использовать сварку при закреплении трубок;

- применены трубные доски и водяные камеры из коррозионно-стойких материалов (12X18H10T);

- присоединительные размеры соответствуют серийному маслоохладителю.

Сравнительные испытания маслоохладителей с гладкими трубками, ПВТ и ТВН проводились на турбинах К-160-130 ХТГЗ ст. № 8, 9 Невинномысской ГРЭС. На турбине ст. № 8 установлены серийные маслоохладители МО-53-4, переведенные силами ГРЭС с 4-х ходовых на 2-х ходовые по охлаждающей воде. Во время планового ремонта на турбине ст. № 9 установлены маслоохладители МБ-50М-75, МО-1,2,4 с ПВТ, МО-3 с ТВН, изготовленные по проекту УрФУ, взамен серийным МО-53-4.

Анализ результатов проведенных испытаний на Невинномысской ГРЭС маслоохладителя МО-53-4 с гладкими трубками, новых МБ-50М-75 с ТВН и ПВТ и расчетного исследования показал:

- для сопоставления результатов испытаний маслоохладителей с различными типами поверхностей теплообмена использована разработанная авторами позонная методика теплогидравлического расчета; результаты расчетов по уточненной методике удовлетворительно согласуются с результатами испытаний маслоохладителей;

- проведенные исследования показали, что маслоохладители с ТВН охлаждают масло на 1-2 °С больше, чем маслоохладитель с гладкими трубками;

- гидравлическое сопротивление маслоохладителя с ТВН с масляной стороны при расходе масла через аппарат от 30 до 90 м³/ч до 15 % выше, чем маслоохладителя с ПВТ;

- гидравлическое сопротивление с водяной стороны маслоохладителя МБ-50М-75 (с ТВН) на 30–60 % выше, чем маслоохладителя МО-53-4 с гладкими трубками;

- количество передаваемой теплоты в МБ-50М-75 (с ТВН) на 10...15%, а в МБ-50М-75 (с ПВТ) на 9...12% выше, чем в аппарате с гладкими трубками;

- принятые при проектировании и изготовлении маслоохладителя МБ-50М-75 технические решения целесообразны и эффективны;

- применение трубок из нержавеющей стали существенно повышает надежность работы маслоохладителя, а их профилирование позволяет получить тепловую производительность нового маслоохладителя выше, чем у серийного на всех режимах работы.