

# Методика расчета кожухотрубных теплообменных аппаратов

С. Е. Исаев, к. т. н., А. Ф. ЧЕРНОВ, к. т. н., П. И. Бажан, д. т. н., А. Н. Назин (г. Нижний Новгород)  
Энергетика и промышленность России  
15.12.06

Современные кожухотрубные теплообменные аппараты для систем водоснабжения (КТАСТ), в которых реализованы наиболее эффективные решения по схемам тока, толщинам стенок труб, корпусов, фланцев, трубных решеток, крышек без снижения их прочности и осуществлена интенсификация теплоотдачи путем накатки кольцевых плавноочерченных выступов на внутренней поверхности трубы и в сравнении с теплообменными аппаратами, спроектированными на основе конструктивных решений 50-летней давности и выпускаемыми до сих пор, например по ГОСТ 27590-88, выигрывают практически по всем показателям.

Основным недостатком КТАСТ является невозможность достижения высоких значений коэффициентов теплоотдачи при низких скоростях течения теплоносителей (достоинство пластинчатых аппаратов), вследствие чего они не могут конкурировать с пластинчатыми теплообменными аппаратами (ПТА) ведущих мировых производителей в тех случаях, когда требуется передавать большие тепловые потоки при малых температурных напорах.

Преимущество ПТА по высоким значениям коэффициента теплопередачи, однако, сводится на нет в случае загрязнения этих теплообменников. ПТА с расчетным коэффициентом теплопередачи (без загрязнения теплообменной поверхности)  $7000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$  в случае нарастания на теплообменной поверхности слоя накипи толщиной  $0,3 \text{ мм}$  (для ПТА рядовой случай) имеет коэффициент теплопередачи  $2545 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$ , что в  $2,75$  раза меньше расчетного значения.

Отсюда следует, что при расчете и оптимизации параметров водоводяных КТАСТ и ПТА всегда необходимо считать поверхность теплообмена покрытой слоем загрязнений с термическим сопротивлением  $0,00012 \text{ м}^2 \text{ К}/\text{Вт}$ , что эквивалентно сопротивлению слоя накипи толщиной  $0,15\text{-}0,3 \text{ мм}$  с теплопроводностью  $1,2\text{-}3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$ . Многолетняя эксплуатация КТАСТ показывает нехарактерность большой загрязняемости в этих аппаратах в силу эффекта самоочистки поверхности труб направленными в пограничный слой турбулентными вихрями, возникающими при обтекании плавноочерченных турбулизаторов определенной высоты, расположенных на оптимальном расстоянии друг от друга, и разрушающими отложения на той стадии, когда они представляют собой маловязкие структуры. При этом оказывается, что КТАСТ в загрязненном состоянии характеризуются коэффициентами теплопередачи, которые ничуть не хуже

коэффициентов теплопередачи загрязненных ПТА.

Процесс выбора наилучшей конструкции КТАСТ должен представлять собой интерактивный диалог изготовителей КТАСТ и заказчиков этих аппаратов, при этом субъекты договорных отношений должны рассчитывать параметры КТАСТ по различным методикам.

Изготовители КТАСТ и ПТА для этой цели должны использовать компьютерные программы поверочного теплового расчета, в которых реализованы не только последние достижения теории теплообмена, но и теории теплообменных аппаратов в части расчета среднего температурного напора, тепловой эффективности, зависящих от схемы тока теплоносителей и неизвестных конечных температур. Кроме этого, должны моделироваться байпасные и обводные течения (при наличии в межтрубном пространстве КТАСТ поперечных перегородок). Авторы статьи используют в своей компьютерной программе уравнения. Выполненные автором многочисленные проверки показали, что в подавляющем большинстве расчетных случаев не следует стремиться к решению распределенных задач, хотя возможности современных компьютеров это позволяют. Многолетний опыт выполнения расчетов КТАСТ показывает, что поэлементный тепловой расчет или интервально-итерационные тепловые расчеты КТАСТ не позволяют достичь большего приближения результатов расчетов к результатам экспериментальной проверки параметров КТАСТ, выполненной на исследовательском стенде или на месте эксплуатации, по сравнению с так называемым интегральным тепловым расчетом, основанным на использовании сосредоточенной модели КТАСТ. А если это так, то излишнее усложнение компьютерных программ нерационально.

Заказчики КТАСТ или ПТА должны оценивать параметры заказываемых аппаратов с помощью малотрудоемкой методики проектного расчета, аналогичной по сути методике СП 41-101-95. Подобная методика должна включать в себя следующие шаги: анализ и преобразование к удобному виду исходных данных; предварительный выбор изготовителя и анализ имеющихся рекламных материалов изготовителя; расчет коэффициента теплопередачи (для КТАСТ отнесенного к наружной поверхности труб) с помощью регрессионного уравнения типа.