

Влияние типов профилей теплообменных поверхностей на скорость процесса накипеобразования

В настоящее время наблюдается повышенный интерес с научной и практической точки зрения к теплообменным аппаратам систем теплоснабжения и горячего водоснабжения в части повышения коэффициента теплопередачи, то есть интенсификации процесса теплообмена в связи с увеличением стоимости теплоносителя и проблемой роста затрат на обогрев и горячее водоснабжение.

Снижение массогабаритных характеристик теплообменных аппаратов также является на сегодняшний день актуальной проблемой. Одним из возможных путей её решения является интенсификация процесса теплообмена.

Опыт создания и эксплуатации различных теплообменных аппаратов показывает, что применяемые уникальные методы интенсификации теплообмена обеспечивают уменьшение габаритов и металлоёмкости данных устройств в полтора-два раза в сравнении с подобными стандартными аппаратами при одинаковых параметрах тепловой мощности и той мощности, которая затрачивается на прокачку теплоносителей. При выборе метода интенсификации теплообмена необходимо учесть не только эффективность самой поверхности, но и её универсальность для различных однофазных и двухфазных теплоносителей, технологичность обработки поверхности, сборки теплообменного аппарата, прочностные и надёжные характеристики, загрязняемость поверхности теплообмена, особенности эксплуатации и т.д. Из-за данных факторов существенно сужается возможность выбора наиболее эффективного метода.

Наиболее актуальной задачей является изучение влияния в исследуемом в данной работе канале определённого профиля опережающего роста теплоотдачи относительно повышения гидравлического сопротивления по сравнению с аналогичным гладким каналом.

При выборе метода интенсификации теплообмена необходимо учесть не только эффективность самой поверхности, но и её универсальность для различных однофазных и двухфазных теплоносителей, технологичность обработки поверхности, сборки теплообменного аппарата, прочностные и надёжные характеристики, загрязняемость поверхности теплообмена, особенности эксплуатации и т.д.

Также объектом исследования является проблема отложения накипи на теплообменных поверхностях теплообменных аппаратов в виде выпадающих на стенки солей жёсткости, таких как оксиды железа, кремния, магния и кальция [1]. Как известно, наиболее эффективными считаются способы увеличения теплоотдачи за счёт изменения профиля каналов теплообменных аппаратов, которые дают возможность увеличить коэффициент теплопередачи при незначительном гидравлическом сопротивлении и снизить металлоёмкость теплообменного канала, что влияет на экономическую эффективность. Также решается актуальная на сегодняшний день проблема накипеобразования. Для рационального использования предлагается конструкция внутренней поверхности теплообмена с винтовыми канавками [2].

Изменения конструктивных особенностей стандартных профилей на предлагаемый профиль поверхности теплообмена позволяет увеличить коэффициент теплоотдачи, вместе с чем значительно снижая количество отложений солей на поверхности при достаточно незначительном приросте гидравлических сопротивлений и со значительным снижением металлоёмкости. Для повышения долговечности,

Рецензия эксперта на статью получена 14.06.2018 [Expert review on the article was received on June 14, 2018].

УДК 621.643

Влияние типов профилей теплообменных поверхностей на скорость процесса накипеобразования

Ю. Н. Новоселова, к.т.н., доцент; Ю. А. Морева, к.т.н., доцент; Л. Г. Старкова, доцент, кандидат технических наук, кафедра Управления недвижимостью и инженерных систем, Институт строительства, архитектуры и искусства, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова; П. Н. Брянский, директор МУП «Магнитогорские газовые сети»

В статье рассматривается влияние типа применяемого профиля теплообменной поверхности на интенсивность процесса накипеобразования. Представлены результаты экспериментального исследования влияния типа профиля на скорость образования накипи. Также в статье приведены результаты подбора эффективного профиля, который позволил достичь желаемых результатов.

Ключевые слова: теплообменная поверхность, профиль теплообменной поверхности, процесс накипеобразования.

UDC 621.643

Influence of the types of profiles of heat-exchange surfaces on the rate of the process of scale formation

Y. N. Novoselova, PhD, Associate Professor; Y. A. Moreva, PhD, Associate Professor; L. G. Starkova, PhD, Associate Professor, The Department of Property management and network engineering, Institute of Construction, Architecture and Art, Nosov Magnitogorsk State Technical University; P. N. Bryanskiy, Director of Municipal Unitary Enterprises "Magnitogorsk Gas Networks"

This paper presents influence of the type of heat exchange surface profile used the intensity to the process of scale formation. The results of the experimental study of the profile type influence on the scale formation rate are presented. The article also presents the results of the selection of an effective profile, which allowed to achieve the desired results.

Keywords: heat exchange surface, heat exchange surface profile, scale formation process.

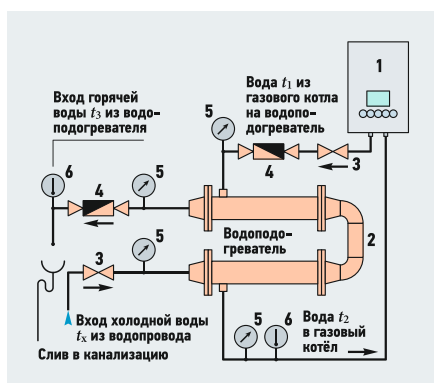


Рис. 1. Схема экспериментальной установки [1 — газовый котёл Baxi Main Four 24 кВт; 2 — кожухотрубный теплообменный аппарат (стандартной и изменённой поверхности теплообмена); 3 — вентиль; 4 — счётчик холодной и горячей воды крыльчатый СВ-15; 5 — манометр; 6 — мультиметр; 7 — газовый счётчик]

технологичности и эффективности теплообменных аппаратов было принято решение применить изменённый профиль теплообменной поверхности с винтовыми канавками и сравнить его характеристики с гладким и кольцевым профилями.

Это определило необходимость разработки конструкции высокоэффективной теплообменной поверхности, отвечающей всем вышеуказанным требованиям.

Для проведения эксперимента с целью сравнения теплообменных поверхностей со стандартными и изменённым (винтовые канавки с дополнительным оребрением) профилями были изготовлены различные кожухотрубные теплообменные аппараты.

В ходе исследований была смонтирована экспериментальная установка, на которой были получены данные о величинах отложения накипи на внутренней поверхности теплообменных каналов с гладким профилем и профилями с кольцевыми

и винтовыми канавками теплообменной поверхности. Эксперимент выявил тот факт, что в теплообменных каналах с винтовыми канавками происходит турбулизация пограничных слоёв на внутренней и внешней поверхностях, в результате чего в подобных теплообменных трубах наблюдается повышение коэффициента теплоотдачи и значительное сокращение количества образовавшейся накипи.

Исследования проводились на теплообменных каналах, изготовленных в лабораторных условиях из стальной трубы с внутренним диаметром 20 мм и толщиной стенки 2,8 мм. В качестве теплоносителя для ускорения процесса накипобразования использовалась вода с хвостохранилища ООО «Башкирская медь» города Сибай. Характеристики воды, применяемой в качестве теплоносителя: $pH = 12,05$; железо общее — $1,55 \text{ дм}^3$; кальциевая жёсткость — $64,0 \text{ дм}^3$ [4].

В процессе экспериментальных исследований температура теплоносителя поддерживалась равной 60°C . Замеры величины отложения накипи на внутренней

поверхности теплообменных каналов производились ультразвуковым толщиномером Olympus MG2-DL. Замеры проводились с интервалом в 24 часа. В результате анализа были получены зависимости изменения величины толщины слоя образовавшейся накипи от величины временного интервала.

В результате экспериментальных исследований были проанализированы аналитические и графические зависимости и сделан вывод о том, что поверхность теплообмена с винтовыми канавками имеет минимальную толщину образования накипи при прочих равных условиях в сравнении с кольцевыми канавками и с канавками, имеющими гладкую поверхность на 31 и 65 %, соответственно.

Таким образом, полученные результаты позволяют спрогнозировать увеличение срока службы теплообменных каналов, а также рассчитать возможное снижение их проходной способности за определённый промежуток времени.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод об экономической целесо-

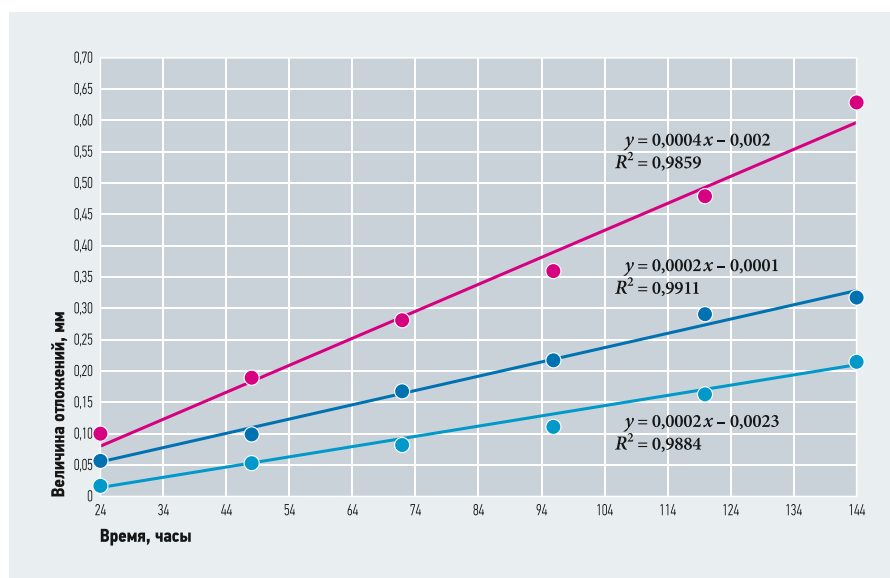


Рис. 2. Зависимость толщины слоя накипи от времени

образности применения теплообменных каналов с изменённым профилем, то есть с винтовыми канавками, что приведёт к значительному снижению затрат на их эксплуатацию и максимально возможно увеличению межремонтного срока. ●

1. Интенсификация теплопередачи в каналах кожухотрубных теплообменников: Сб. трудов 14-й Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и специалистов «Энергетики и металлургии настоящему и будущему России». — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. 202 с.
2. Цветков Ф.Ф. Теплообменники: Учеб. для вузов. — М.: МЭИ, 2011. 562 с.
3. А.с. СССР №731265, МПК F28F1/42. Теплообменная труба / Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Закиров С.Г., Вахабов А.А., Фартушнов А.В.; заяв. и опубл. 30.04.1980.
4. Патент РФ №37547, МПК F28F1/42.
5. Протокол №284 от 28.09.2017. Центральная химическая лаборатория ООО «Башкирская медь».

References — see page 92.

Influence of the types of profiles of heat-exchange surfaces on the rate of the process of scale formation. Pp. 64–65.

Y. N. Novoselova, PhD, Associate Professor; **Y. A. Moreva**, PhD, Associate Professor; **L. G. Starkova**, PhD, Associate Professor, The Department of Property management and network engineering, Institute of Construction, Architecture and Art, Nosov Magnitogorsk State Technical University; **P. N. Bryanskiy**, Director of Municipal Unitary Enterprises “Magnitogorsk Gas Networks”

1. *Intensifikacija teploperedachi v kanalakh kozhuhotrubnykh teploobmennikov: Sb. trudov 14-j Vseros. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i specialistov “Jenergetiki i metallurgi nas-tojashhemu i budushhemu Rossii”* [Intensification of heat transfer in the channels of shell-and-tube heat exchangers: Proc. of the 14th All-Russian scientific-practical conference of students, graduate students and specialists “Energy and metallurgy of the present and future of Russia”]. Magnitogorsk. *Izd-vo Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G. I. Nosova* [Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2013. 202 p.
2. Cvetkov F.F. *Teplomassoobmen: Ucheb. dlja vuzov* [Heat and mass transfer: Textbook for universities]. Moscow. *MJel* [National Research University “Moscow Power Engineering Institute”]. 2011. 562 p.
3. A.s. SSSR [Author’s certificate of the USSR] №731265, MPK [International classification] F28F1/42. *Teploobmennaja truba* [Heat exchange pipe] / Kalinin Je.K., Drejcer G.A., Zakirov S.G., Vahabov A.A., Fartushnov A.V. Decl. and publ.: April 30, 1980.
4. Patent RF [The patent of the Russian Federation] No. 37547, MPK [International classification] F28F1/42.
5. Protokol [The protocol] No. 284 of September 28, 2017. Central’naja himičeskaja laboratorija OOO “Bashkirkaja med” [The Central Chemical Laboratory of “Bashkir Copper”, LLC].