

Основные направления по энергосбережению рекомендуемые по результатам энергоаудитов в Беларуси:

1. Внедрение новых энергоэффективных технологических процессов производства продукции во всех отраслях экономики.
2. Внедрение когенерационных установок для совместной выработки тепловой и электрической энергии.
3. Преобразование котельных в мини-ТЭЦ, в том числе на местные виды топлива.
4. Утилизация тепловых вторичных энергоресурсов.
5. Повышение эффективности работы тепловых сетей, оптимизация схем теплоснабжения. Передача тепловых нагрузок от ведомственных котельных на ТЭЦ, децентрализация теплоснабжения с ликвидацией длинных теплотрасс.
6. Внедрение энергосберегающих осветительных приборов, систем автоматического регулирования освещения.
7. Автоматизация технологических процессов и внедрение автоматизированных систем управления потребления ТЭР.

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ

Д. А. Светличный

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Шаповалов

Цель работы – изучить способы интенсификации теплообмена в теплопередающих устройствах путем модернизации теплообменных поверхностей.

В современных условиях и в перспективе один из важных путей повышения экономичности энерготехнологических установок – совершенствование теплообменного оборудования с помощью внедрения эффективных способов интенсификации теплообмена.

Посредством интенсификации теплообмена увеличивается количество тепла, передаваемого через единицу поверхности теплообмена, и, соответственно, уменьшаются массогабаритные показатели теплообменного оборудования; достигается более выгодное соотношение между передаваемым количеством тепла и мощностью оборудования; улучшаются общие характеристики энерготехнологических установок.

Доступными при этом являются способы создания микроструктурированных двух- и трехмерных поверхностей с применением накатки, фрезерования, резания и прочих методов механической обработки материалов

Применение коммерческих интенсифицирующих поверхностей и авторских поверхностей, полученных механической обработкой. В ходе работы были изучены результаты экспериментального исследования пузырькового кипения хладона R123 на интенсифицирующей поверхности – горизонтально ориентированной трубе с трехмерной микроструктурой, произведенной европейской компанией Wolverine Tube, Inc. (рис. 1, а–в). Наименование трубы и характеристики ее микроструктуры авторами не указаны. Сообщается об увеличении теплоотдачи при кипении на модифицированной трубе по сравнению с эталонной гладкой от шести до десяти раз.

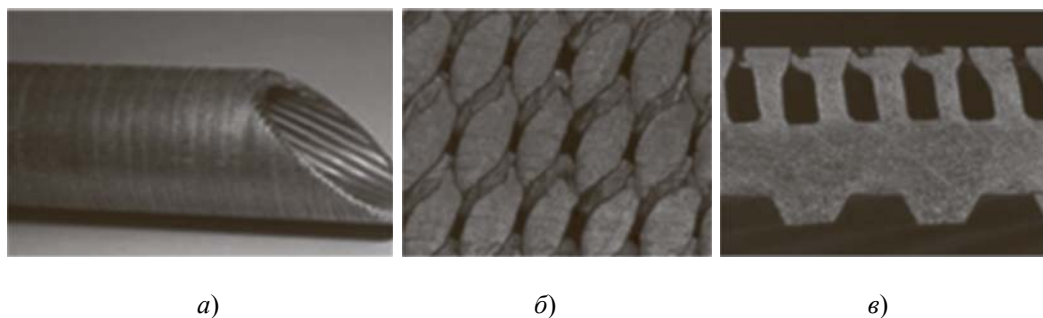


Рис. 1. Снимки экспериментальной трубы:
а – сегмент трубы, демонстрирующий ее наружную и внутреннюю поверхности;
б – увеличенное изображение наружной микроструктурированной поверхности;
в – увеличенное изображение поперечного разреза стенки трубы

Проводились также экспериментальные исследования теплообмена при испарении пленок, стекающих по пакету из шести горизонтальных модифицированных труб в условиях вакуума. Были протестированы новые интенсифицирующие трубы двух типов: Turbo-SAB (с количеством штырьков 19 и 26 шт./дюйм) и Korodense при изменении пленочного числа Рейнольдса Re от 10 до 110 (рис. 2, *а*, *б*). Режим пузырькового кипения не рассматривался. Сообщается, что трубы, имеющие помимо внешней, также внутреннюю структуру (т. е. Korodense), показали наилучшие результаты по теплоотдаче при испарении. В работе также предложены корреляции для расчета коэффициента теплоотдачи и величин интенсификации для модифицированных труб, описывающие полученные опытные данные с точностью $\pm 30\%$.

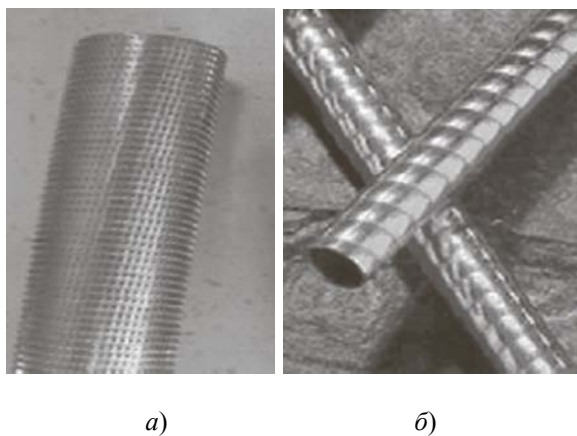


Рис. 2. Интенсифицирующие трубы:
а – Turbo-SAB (19 шт./дюйм); *б* – Korodense

В качестве конкурентоспособного метода создания интенсифицирующих теплообменных поверхностей можно назвать метод деформирующего резания (МДР) – метод, разработанный российскими учеными для создания микроструктурированных поверхностей. Это доступный и эффективный метод прецизионной механической обработки пластичных материалов, основанный на подрезании поверхностного слоя материала заготовки и последующей его деформации с формированием макро- и микрорельефа в виде ребер, шипов, ячеек или резьбовых профилей. Он дает возможность создавать сложные поверхности для интенсификации теплообмена при

кипения (рис. 3, *a*) с увеличением площади обрабатываемой поверхности до 12 раз, а с учетом нового патента и вплоть до 48 раз, позволяя создавать сверхплотные микроштырьковые структуры с количеством штырьков до 400 шт./мм² (рис. 3, *б*).

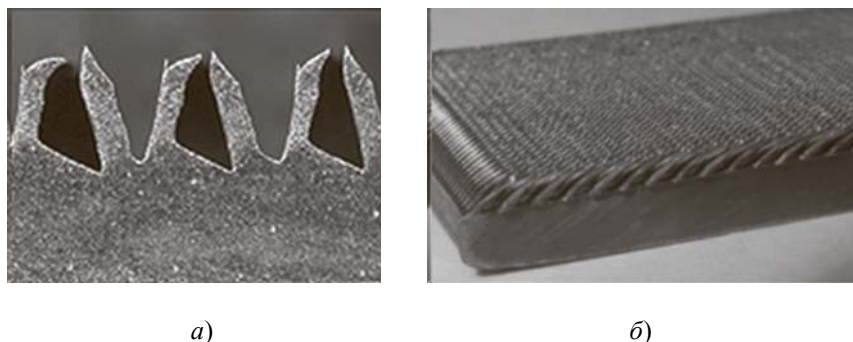


Рис. 3. Сложные структуры поверхности:
a – микроструктурированная поверхность кипения, полученная методом деформирующего резания; *б* – сверхплотная микроштырьковая структура, полученная методом деформирующего резания

На кафедре «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого» проводятся экспериментальные исследования работы замкнутых двухфазных теплопередающих устройств. Создан экспериментальный стенд и разработана методика работы двухфазных пародинамических термосифонов с внутренними кольцевыми вставками и термосифонов классической конструкции без внутренних циркуляционных вставок, заправленных разными теплоносителями.

На основании проведенного обзора существующих методов интенсификации теплообмена теплопередающих поверхностей выделены два варианта модернизации экспериментальной установки.

Первый вариант интенсификации процесса теплообмена при парообразовании в испарителе термосифона. Теплообмен в зоне парообразования может быть увеличен за счет изменения величины кольцевого зазора при изменении диаметров внутренних трубок испарителя (материал новых внутренних трубок испарителя – медь, наружные диаметры внутренних труб определяют значение кольцевого зазора в испарителе от 3 до 6 мм, длина внутренних труб – 1 мм).

Второй вариант интенсификации процесса теплообмена при конденсации в термосифонных элементах. Наружное поперечное оребрение наружной поверхности конденсатора позволит увеличить отводимый тепловой поток без увеличения подводимого теплового потока к испарителю устройства. Данный тип оребрения выбран в связи с возможностью работы термосифона при разных углах наклона. Другие виды оребрения для данной конструкции будут нецелесообразны. В зоне конденсации для развития теплопередающей поверхности использовано наружное поперечное оребрение поверхности конденсатора. Из листа латуни толщиной 15 мм при помощи лазерной резки было вырезано 202 кольца, после чего кольца были припаяны на конденсатор. Шаг оребрения – 2 мм, высота ребер – 1,6 см.

Л и т е р а т у р а

1. Бессонный, А. Н. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения : справочник / А. Н. Бессонный, Г. А. Дрейцер, В. Б. Кунтыш ; под общ. ред. В. Б. Кунтыша, А. Н. Бессоного. – СПб. : Недра, 1996. – 512 с.

2. Дзюбенко, Б. В. Интенсификация тепло- и массообмена на макро-, микро- и наномасштабах / Б. В. Дзюбенко, Ю. А. Кузма-Китча, А. И. Леонтьев. – М. : ФГУП «ЦНИИАТОМИНФОРМ», 2008. – 539 с.
3. Володин, О. А. Интенсификация теплообмена при кипении и испарении жидкостей на модифицированных поверхностях / О. А. Володин, Н. И. Печеркин, А. Н. Павленко // Теплофизика высоких температур. – 2021. – Т. 59, № 2. – С. 280–312.
4. Chen, T. An Experimental Investigation of Nucleate Boiling Heat Transfer from an Enhanced Cylindrical Surface / T. Chen // Appl. Therm. Eng. – 2013. – Vol. 59, iss. 1–2. – P. 355.

ИЗУЧЕНИЕ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

В. А. Панасик

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. Г. Широков

Целью исследования является изучение пусковых характеристик светодиодных источников света.

Получение пусковых характеристик светодиодных источников света выполнялось с помощью имитатора сетевых импульсных помех (ИСИП), изготовленного по схеме, представленной в [1].

Регистрация значений напряжений и токов светодиодных источников света при изучении пусковых характеристик источников света производилась с помощью комплекса регистрации параметров электрических сигналов (КРПЭС).

Схема исследования пусковых характеристик светодиодных источников света, представленная на рис. 1, содержит ИСИП – имитатор сетевых импульсных помех; ТТ – измерительный трансформатор тока; ИПТ – измерительный преобразователь тока; ИПН – измерительный преобразователь напряжения; АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

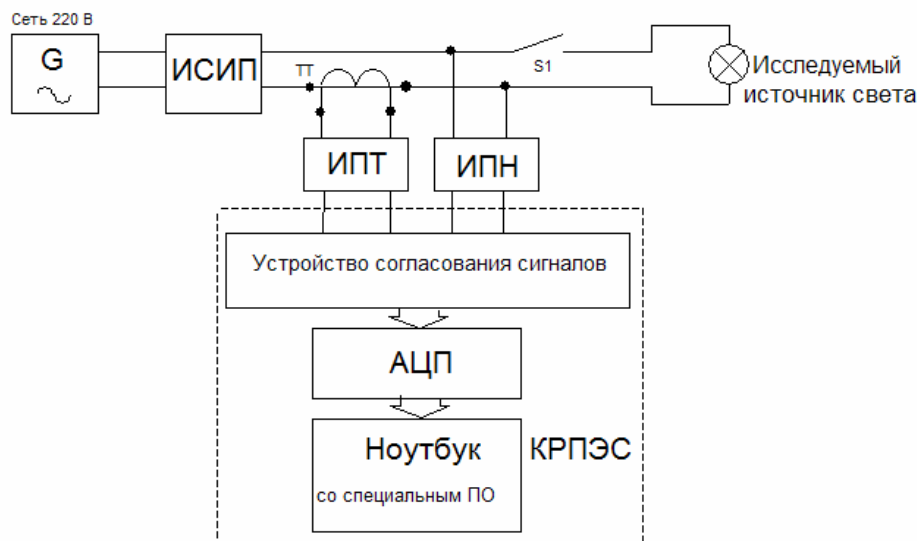


Рис. 1. Схема исследования пусковых характеристик светодиодных источников света