

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім В.С. МАРТИНОВСЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАТЕРІАЛИ

XVI Всеукраїнської

науково-технічної

конференції

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ

ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

5-7 жовтня 2016 року, м. Одеса



ОДЕСА

2016

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова:

Сторов Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

Замісники:

Поварова Наталія Миколаївна – проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій, к.т.н., доцент,

Косой Борис Володимирович – директор Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

Члени оргкомітету:

Артеменко С.В.	Котлик С.В.	Роженцев А.В.
Бошкова І.Л.	Крусір Г.В.	Сагала Т.А.
Бошков Л.З.	Мазур В.О.	Семенюк Ю.В.
Василів О.Б.	Мазур О.В.	Смирнов Г.Ф.
Гоголь М.І.	Мілованов В.І.	Тітлов О.С.
Дьяченко Т.В.	Морозюк Л.І.	Шпирко Т.В.
Желєзний В.П.	Нікулина А.В.	Хлієва О.Я.
Зацеркляний М.М.	Ольшевська О.В.	Хмельнюк М.Г.
Князева Н.О.	Плотніков В.М.	Хобин В.А.
Кологривов М.М.	Роганков В.Б.	Цикало А.Л.

Відповідальний за випуск: Тітлов О.С., завідувач кафедри теплоенергетики та трубопровідного транспорту енергоносіїв

Мова видання: українська, російська, англійська

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Рекомендовано до друку Радою факультету прикладної екології, енергетики та нафтогазових технологій, протокол № 2 від 21 вересня 2016 року.

А 43 Актуальні проблеми енергетики та екології / Матеріали XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Херсон: ФОП Грінь Д.С., 2016. – 312 с.

ББК 31:20.1

ISBN 978-966-930-137-6

© Одеська національна академія харчових технологій

© Факультет прикладної екології, енергетики та нафтогазових технологій

СЕКЦІЯ 5:

. ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕНЕРГОМАШИНОБУДУВАННЯ

ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ І ЕНЕРГОМАШИНОБУДУВАННІ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ С КОМПОЗИЦИОННЫМИ КАПИЛЛЯРНЫМИ СТРУКТУРАМИ

Шаповал А.А.^{1,2}, канд. техн. наук, доцент, Стрельцова Ю.В.¹, магистр, аспирант

1 - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»

2 - Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, Киев

Представлены результаты экспериментальных исследований характеристик низкотемпературных тепловых труб с новыми типами «композиционных» капиллярных структур. Исследования выполнены при различной ориентации ТТ в гравитационном поле. Диапазон подводимой к трубам мощности: 0-70 Вт; охлаждение ТТ - водяное

Технический прогресс в ряде отечественных отраслей техники связан с проблемами создания и конструирования совершенных систем охлаждения и термостатирования приборов и агрегатов с теплонапряженными узлами и поверхностями. Тепловые трубы (ТТ), являющиеся герметичными двухфазными теплопередающими устройствами, способны эффективно подводить и отводить теплоту от теплонагруженных элементов промышленного оборудования, обеспечивая (во многих случаях) нормальные тепловые режимы его функционирования. Параметры и характеристики капиллярных структур (КС) ТТ определяют ряд эксплуатационных характеристик ТТ, в первую очередь – термическое сопротивление теплопроводности $R_{\text{т}}$ [К/Вт]. В настоящее время фирмы-производители ТТ используют различные виды и типы КС. Металлические волоконные КС, созданные в Институте проблем материаловедения НАН Украины, отличаются высокой проницаемостью, большим диапазоном пористости и теплопроводности, хорошими способностями к трансформированию геометрической формы. Проблемы создания эффективных капиллярно-пористых структур, предназначенных, в частности, для тепловых труб, являются важными не только для Украины, но и для других стран, в которых разрабатываются и используются современные приборы, аппараты и оборудование различного назначения.

Основными направлениями исследований, проводимых в ИПМ им. И. Францевича и Университете «КПИ» в области разработок и создания эффективных металлических капиллярно-пористых материалов, двухфазных теплопередающих устройств с такими материалами (в частности, – тепловых труб и термосифонов), являются следующие: 1) исследования параметров и особенностей порового пространства новых типов капиллярных пористых структур, создаваемых на основе металлических волоконных материалов; 2) исследования гидродинамических характеристик капиллярных структур различных типов, в т.ч., композиционных и градиентных капиллярно-пористых структур; 3) исследования тепло-физических характеристик капиллярных структур различных типов, получаемых из металлических волокон и композиционных материалов (на основе смеси волокон и порошков); 4) исследования теплофизических процессов при кипении и парообразовании ряда жидкостей, используемых в качестве теплоносителей в тепловых трубах; 5) исследования теплофизических, технико-эксплуатационных и ресурсных характеристик двухфазных теплопередающих устройств, в частности – тепловых труб, в том числе – космического назначения.

К тематическим исследованиям двухфазных теплофизических процессов на технических поверхностях с присоединёнными к ним капиллярно-пористыми материалами относятся следующие направления: 1) экспериментальное изучение процессов кипения и парообразования воды и органических жидкостей на пористых поверхностях в условиях, типичных для функционирования тепловых труб и термосифонов; 2) исследования влияния характеристик пористых материалов на физические явления в местах контакта упомянутых материалов со сплошными металлическими поверхностями; 3) исследования особенностей теплообмена при конденсации различных жидкостей на поверхностях с пористыми металлическими материалами. Одними из последних разработок капиллярно-пористых материалов и тепловых труб на их основе (предназначенных, в частности, для космических летательных аппаратов) является создание металлических композиционных волоконно-порошковых материалов и исследования их физических характеристик.

Как известно [1,2], металлические порошковые материалы (ПМ) при использовании обычных технологий спекания порошков обеспечивают невысокие значения предельно возможной пористости (Θ_{max}

= ~55-56 %). В то же время, используя металлические волокна с относительно малыми значениями диаметров ($\Theta_{\min} = \sim 5-10$ микронов), можно получить намного большие значения максимальной пористости волоконных материалов ($\Theta_{\max} = \sim 95-96$ %), что является важным фактором для характеристик ТТ.



Порошковые металлические пористые материалы отличаются наличием определенного количества «тупиковых» пор (до 8-12 %, например). Наличие тупиковых пор препятствует быстрому протеканию жидкостей-теплоносителей по поровых каналах (отличающихся часто сложной геометрической формой) и ухудшает, соответственно, гидродинамические условия процессов парообразования в порах пористого материала. В то же время порошковые капиллярные структуры лучше «удерживают» рабочие жидкости-теплоносители в условиях, когда зоны теплоподвода к ТТ расположены выше зон теплоотвода. Необходимо отметить, что порошковые металлические материалы обладают, также, и некоторыми положительными свойствами (применительно к практике конструирования ТТ). В частности, способность ПМ препятствовать относительно быстрому прохождению жидкостей через поры КС оказывает положительный эффект в тех случаях эксплуатации ТТ (имеющих место, например, в транспортной аппаратуре), когда зоны (места) нагрева тепловых труб могут (или

должны) располагаться выше зон их охлаждения (теплоотвода). Решение технической проблемы создания капиллярных структур целевого назначения осуществлено в ИПМ НАН Украины путём создания ТТ с так называемыми «композиционными» пористыми материалами, представляющими собой гибридные капиллярные структуры, в которых определённым образом сочетаются как волоконные, так и порошковые металлические материалы. Технический симбиоз свойств волоконных и порошковых материалов открывает новые возможности конструирования систем охлаждения аппаратов и устройств различного назначения. Целью настоящей работы стало следующее: 1) создание опытных образцов тепловых труб с композиционными КС; 2) экспериментальные исследования теплофизических характеристик и теплопередающих способностей таких ТТ при их различном расположении в пространстве; 3) анализ полученных экспериментальных данных; 4) сопоставление результатов исследований с аналогичными результатами, полученными для ТТ с волоконными КС.

Экспериментальные исследования выполнены на установке (стенде) ИПМ, предназначенном для разных испытаний тепловых труб. Общий вид установки представлен ниже.

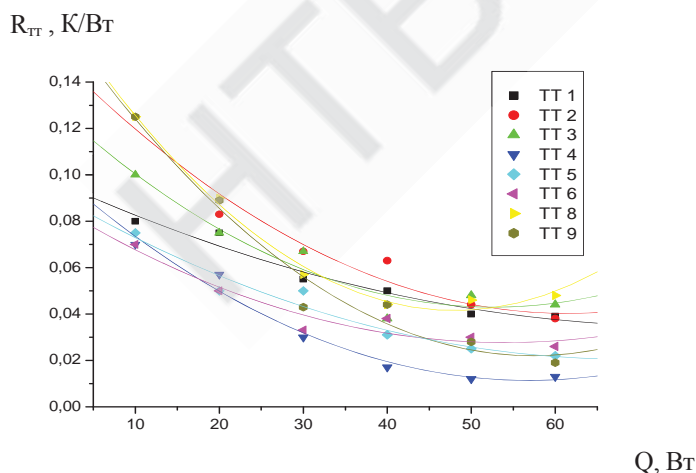


Рис. 2 – Изменение термических сопротивлений опытных тепловых труб с волоконными (ТТ N 9) и композиционными капиллярными структурами (ТТ N 1-8) от величины подводимой мощности при вертикальном расположении ТТ (нагрев ТТ – „снизу”)

В процессе разработки композиционных капиллярных структур созданы и исследованы следующие типы слоистых КС: 1) волоконные КС, состоящие из слоя волокон с диаметром 50 микронов), с толщиной слоя 0,75 мм; также – из слоя волокон с диаметром 30 мкм, с толщиной 0,25 мм; 2) волоконно-порошковые КС – в виде каркасов из волокон с диаметром 50 мкм и толщиной 1 мм, заполненных на глубину 0,25 мм порошком с размером частиц 60 мкм; 3) волоконно-порошковые КС, представляющие собой волоконные

каркасы из волокон с диаметром 30 мкм и толщиной 1 мм, заполненные на глубину 0,25 мм порошком со средним размером частиц (фракций) 40 мкм. Некоторые результаты исследований теплофизических характеристик образцов тепловых труб с волоконными и композиционными КС при их произвольной ориентации в поле массовых сил представлены в виде графических зависимостей изменения температур поверхности транспортной зоны ТТ от величины подводимой к ТТ мощности Q (Вт). Также представлены результаты исследований влияния характеристик волоконных и композиционных КС на значения термических сопротивлений теплопроводности $R_{ТТ}$ [К/Вт], определяемых путем измерения температуры в контрольных точках на поверхности транспортной зоны каждой исследованной тепловой трубы. Величины термических сопротивлений ТТ определены в виде зависимости $R_{ТТ}$ от подводимой мощности, при изменении углов наклона ТТ.

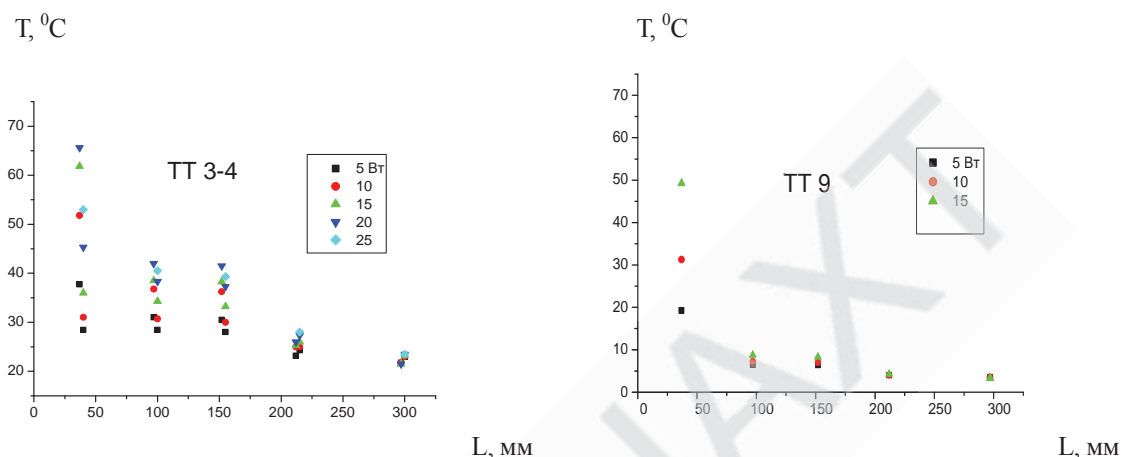


Рис. 3 – Изменение температуры транспортной зоны опытных тепловых труб с композиционными КС (ТТ N 3-4) и волоконными капиллярными структурами (ТТ N 9) от величины подводимой мощности при вертикальном расположении ТТ (нагрев ТТ – „сверху”)

Выводы

Анализ экспериментальных данных, полученных при исследованиях созданных тепловых труб с новыми типами «композиционных» капиллярных структур, и сравнение характеристик «новых» ТТ с классической волоконной ТТ по передаваемой трубами мощности (Q [Вт]), также – анализ величин термического сопротивления теплопроводности ТТ (R [К/Вт]), свидетельствует о следующем: 1. Тепловые трубы с композиционными капиллярными структурами обеспечивают лучшие (по сравнению с волоконными КС и, соответственно, ТТ) теплофизические характеристики, особенно при работе ТТ в условиях «нагрев ТТ – сверху».

2. При горизонтальном расположении ТТ и при их вертикальном расположении (подвод теплоты – «снизу») величины термических сопротивлений теплопроводности (R [К/Вт]) труб с композиционными КС не превышают значений R , типичных для ТТ с волоконными капиллярными структурами. В некоторых диапазонах изменения подводимой к ТТ мощности Q значения $R_{ТТ}$ для труб с композиционными КС были меньше в 1,5-2 раза, по сравнению с волоконными ТТ.

Литература

1. Ивановский, М.Н. Физические основы тепловых труб / М.Н.Ивановский, В.П.Сорокин, И.В.Ягодкин. – М: Атомиздат, 1978. – 256 с.
2. Косторнов, А.Г. Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов / А.Г. Косторнов – К.: Наукова думка. 2003., Т.2. – 550 с.
3. Косторнов, А.Г. Тепловая труба / А.Г.Косторнов, А.Л.Мороз, А.А.Шаповал, І.В. Шаповал. – К.: Патент України на винахід № 96350. – Бюл. № 20, 25.10.2011.

ЕКОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРОВОГО ВОДОТРУБНОГО КОТЛА ДКВР – 10/14 <i>Редько А.О., Давіденко А.В.</i>	199
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ С КОМПОЗИЦИОННЫМИ КАПИЛЛЯРНЫМИ СТРУКТУРАМИ <i>Шаповал А.А., Стрельцова Ю.В.</i>	201
РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗМОРОЖУВАННЯ М'ЯСА В ТУШАХ, ПІВТУШАХ ТА ЧЕТВЕРТИНАХ <i>Желіба Ю.О., Желіба Т.О.</i>	204
ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ <i>Кифоренко В. С., Кіріяк Г.В.</i>	205
КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ВИРОБНИЦТВА <i>Коваль В.Г.</i>	207
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ КАМЕРАХ <i>Лисица А. Ю., Петухов И. И., Михайленко Т. П., Немченко Д. А.</i>	208
РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ЛЬДОАКАМУЛЯТОРІВ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ДИНАМІКИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ТА ПЛАВЛЕННЯ ЛЬОДУ <i>Пилипенко О.Ю., Засядько Я.І., Форсюк А.В., Грищенко Р.В.</i>	210
ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО АПАРАТА ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ МОЛОКА <i>Постнов Г.М., Червоний В.М., Шипко Г.М.</i>	211
ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОСПОЖИВАНИЕМ БУДІВЛІ <i>Басок Б.І., Давіденко Б.В., Лисенко О.М.</i>	213
ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА <i>Жихарева Н. В.</i>	216
АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ УСТАНОВКИ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ НАСОСОВ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК <i>Скалозубов В.И., Чжоу Хушуй.</i>	219
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИКЛОВ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ <i>Озолин Н.Е., Титлов А.С., Краснопольский А.Н.</i>	225
НОВЫЕ СХЕМЫ АБСОРБЦИОННЫХ ВОДОАММИАЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ РАБОТЫ В СИСТЕМАХ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА <i>Осадчук Е.А., Васылив О.Б., Кирилов В.Х., Мазуренко С.Ю.</i>	238
МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ЗЕРНА МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР <i>Петушенко С.Н., Олейник Е.В.</i>	241
РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АБСОРБЦИОННЫМИ ХОЛОДИЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ (АХП) <i>Титлова О.А., Ольшевская О.В.</i>	243
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ ПРИРОДНОГО ГАЗА <i>Титлов А.С., Дьяченко Т.В., Артюх В.Н., Альсаид Хекмат</i>	247
ЗАСТОСУВАННЯ ПОБУТОВИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ, НАПІВФАБРИКАТІВ І СИРОВИНИ <i>Титлов О.С., Приймак В.Г.</i>	247
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН <i>Мазуренко С.Ю., Озолин Н.Е., Савинков П.В.</i>	249
АНАЛІЗ МЕТОДІВ НАДКРИТИЧНОЇ ФЛЮЇДНОЇ ЕКСТРАКЦІЇ <i>Лук'янова О.С., Бошкова І.Л.</i>	250
ПРИМЕНЕНИЕ ВПРЫСКА ПЕРЕГРЕТОЙ ЖИДКОСТИ В ТЕРМОПРЕССОРНОЙ СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВНОГО ВОЗДУХА ДВС <i>Коновалов Д.В., Кобалава Г.А.</i>	253
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПРЕССИИ В СИСТЕМЕ ТУРБОНАДДУВА СРЕДНЕОБОРОТНЫХ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ <i>Коновалов Д.В., Джурунская А.А.</i>	255
ТЕНДЕНЦІЇ ЕКСПОРТУ, ІМПОРТУ СПГ У СВІТІ <i>Дьяченко Т.В., Артюх В.М.</i>	257
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ СНИЖЕНИЯ КОНТАКТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦИЛИНДРА И ПЛОСКОСТИ <i>Титлов А.С., Двирный В.В.</i>	260

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім В.С. МАРТИНОВСЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАТЕРІАЛИ

**XVI Всеукраїнської
науково-технічної конференції**

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

5-7 жовтня 2016 року, м. Одеса

Підписано до друку 28.09.2016 р.
Формат 60x84/8. Папір Офс.
Ум. арк. 34,64 . Наклад 300 примірників.

Видання та друк: ФОП Грінь Д.С.,
73033, м. Херсон, а/с 15
e-mail: dimg@meta.ua
Свід. ДК № 4094 від 17.06.2011