

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИВЭ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ МЕЗО- И НАНОЖИДКОСТЕЙ

Долинский А.А., академик НАН Украины, Л.Н. Грабов, канд. техн. наук, А.А. Москаленко, канд. техн. наук, Т.Л. Грабова, канд. техн. наук.

Институт технической теплофизики НАН Украины, ул. Желябова 2а, Киев-057, 03057, Украина

Експериментальні дослідження, які було проведено, показали, що метод ДИВЕ, реалізований в апаратах, розроблених в ІТТФ НАНУ, є перспективним для одержання нових мезо- та нанорідин на основі рослинних олій та природних розсолів.	Проведенные исследования показали, что метод ДИВЭ, реализованный в аппаратах, разработанных в ИТТФ НАНУ, является перспективным для получения новых мезо- и наножидкостей на основе растительных масел и природных рассолов.	Experimental investigations have shown the possibility of regulating the cooling capacity of quenching fluids and developing new mesic- and nanofluids based on vegetable oils and nature mineral waters
---	--	--

Ключевые слова: наножидкости, ДИВЭ, растительные масла, минеральные воды, скорость охлаждения.

Библ. 10, табл. 5, рис. 2

Сложно найти отрасль промышленности, технологические процессы и сферы жизнедеятельности человека гдебы не стояла проблема интенсификации теплообменных процессов. Эта проблема, так или иначе, связана с решением задач энергосбережения, качеством функциональных продуктов, надежностью теплонапряженного оборудования и т.п. Одним из методов интенсификации теплообменных процессов является применение эффективных теплоносителей и охлаждающих сред. Для применения в тепловых и других практических приложениях перспективными могут быть среды с мезо-(100 нм...100 мкм) и наноразмерными (1...100 нм) частицами, так называемые мезо- и наножидкости. Такие среды привлекают внимание за счет проявления специфических свойств: высокая седиментационная устойчивость, уменьшение коррозионно-эрозивного воздействия на поверхности, «аномального» увеличения теплопроводности, увеличения значений критических тепловых потоков. Нужно отметить, что темпы успешного использования мезо- и наножидкостей в практике опережают темпы развития теории и физического понимания механизмов проявления специфических свойств таких жидкостей. Существует, по крайней мере, четыре механизма, объясняющих «аномальное» поведение мезо- и наножидкостей: за счет броуновского движения и микроконвекции вокруг частиц; за счет упорядоченных слоев жидкости вокруг частиц, действующего как тепловой мост; баллистического переноса тепла в частицах; кластеризации частиц и перколяционных цепочек с более низким термическим сопротивлением [1-3].

Целью, проводимых в ИТТФ НАНУ работ, является разработка новых теплоносителей и охлаждающих сред, разработка технологий получения мезо- и наножидкостей методом ДИВЭ с возможностью управления их теплофизическими и функциональными свойствами.

Мониторинг существующих методов получения мезо- и наножидкостей [2,3,5,6] показал, что их

можно разделить на две группы (рис. 1), каждая из которых имеет ряд преимуществ и недостатков (табл. 1).

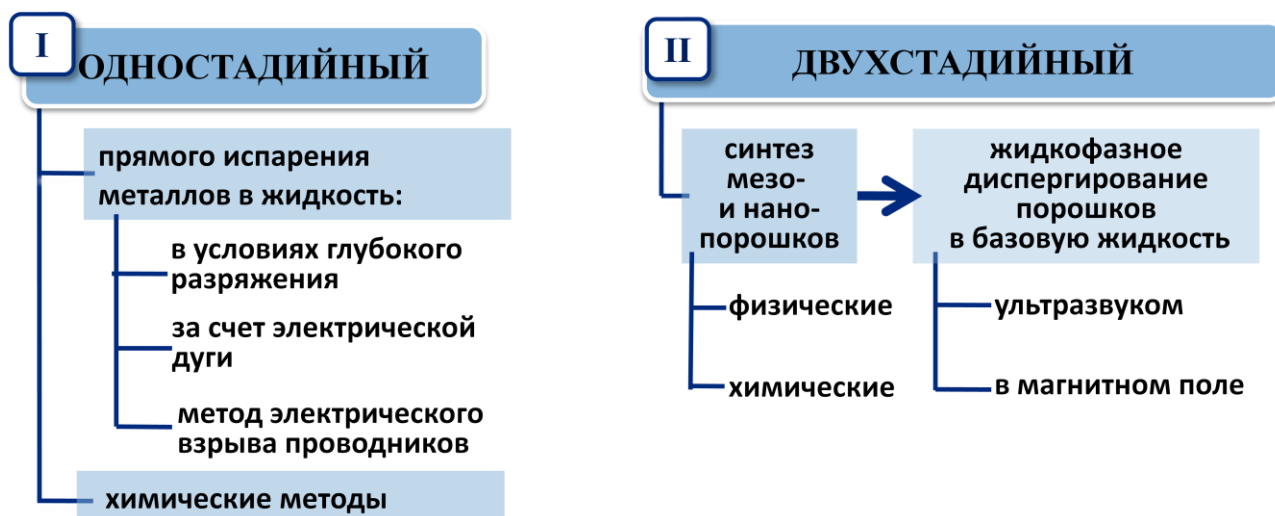


Рис. 1. Методы получения мезо- и наножидкостей.

Табл. 1. Сравнение двух групп методов получения мезо- и наножидкостей

Метод	Одностадийный	Двухстадийный
Недостатки	метод возможен для получения жидкостей с металлическими частицами и частицами оксидов металлов	в получаемых жидкостях частицы подвержены агломерации (решают проблему за счет введения ПАВ, диспергентов, стабилизаторов)
	для реализации метода предъявляются высокие требования к базовой жидкости (должна быть диэлектриком, очищенной)	
	нерегулируемая концентрация дисперсных частиц в базовой жидкости и чистота получаемых наножидкостей (наблюдается наличие побочных продуктов)	
	реализован метод в лабораторных условиях и на экспериментальных установках	
Преимущества	позволяет достичь высокую дисперсность наносuspензий	позволяет получать широкий спектр мезо- и наножидкостей
		экономичный метод для получения в промышленных масштабах

В ИТТФ НАНУ на базе многолетнего опыта практической реализации медов дискретно-импульсного ввода энергии в гетерогенные среды в ряде технологий (эмульгирования, диспергирования, гомогенизации, структурирования и т.п.) предложено для проведения жидкофазного диспергирования в процессах получения мезо- и наножидкостей использовать подход, базирующийся на целенаправленном использовании динамических и энергетических эффектов ДИВЭ [7,8].

Для получения новых охлаждающих сред и теплоносителей использовали два роторно-пульсационных аппарата, разработанных в институте: дисково-цилиндрический (АДЦ) и цилиндрический (АЦ), в которых реализуется метод ДИВЭ.

В качестве базовых жидкостей взяты растительные масла (рапсовое масло, соевое масло) и природные рассолы, в которые вводятся дисперсные частицы: мезочастицы (FeO, TiO₂, Al₂O₃), наночастицы (SiO₂, Cu) и наноструктурированные частицы (ГГМКК с порами, заполненными водой; КГМКК с порами, заполненными воздухом).

Исследование охлаждающей способности мезо- и наножидкостей проводили с помощью программно-аппаратного комплекса на стенде, разработанном и созданном в ИГТФ НАНУ [9]. По полученным на стенде температурно-временным зависимостям охлаждения стандартного цилиндрического зонда построены дифференциальные зависимости $V(\tau, T)$, которые обработаны статистическими методами.

Для оценки влияния гидродинамической обработки на охлаждающую способность, полученных сред в роторно-пульсационных аппаратах и для оценки эффекта за счет добавления в базовую жидкость мезо- и наноразмерных частиц введен показатель $K_{II}^I = f(T)$, характеризующий изменение интенсивности охлаждения в двух сравниваемых средах (рис. 2 и табл. 2-5).

Анализ результатов экспериментальных данных (табл. 2) показывает, что интенсивность охлаждения в растительных маслах выше в 1,5...4,6 во всем интервале температур (850-200 °С) по сравнению с традиционными охлаждающими средами, применяемыми при закалке изделий из легированных сталей [10]. Незначительное преимущество по скорости охлаждения имеет соевое масло по сравнению с рапсовым.

Табл. 2. Сравнение интенсивности охлаждения (K_{II}^I) в исходных растительных маслах и индустриальном масле И-20

II \ I	PM _{исх}			CM _{исх}		
	Температурные интервалы охлаждения, °С					
	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200
PM _{исх}				1,03...1,8	1,04...1,08	1,01...1,09
И-20	1,01...4,47	1,02...2,08	1,04...2,26	1,01...4,6	1,01...2,18	1,1...2,45

Гидродинамическая обработка исходных масел приводит к небольшим изменениям вязкости и поверхностного натяжения [8], что влияет на охлаждающую способность полученных сред. Так, скорость охлаждения в обработанных растительных маслах в области высоких температур возрастает в 1,5...2,5 по сравнению с исходными маслами (рис. 2).

Полученные в цилиндрическом аппарате среды на основе рапсового масла с добавлением 0,5 массовых % мезочастиц оксидов металлов показывают увеличение скорости охлаждения в области низких температур в 1,3...1,6 раза (табл. 3).

Добавление 1 % наноразмерного диоксида кремния привело к существенному снижению скорости охлаждения более чем в 2 раза. Такой эффект связан с резким возрастанием в 1,8 раза вязкости такой наножидкости.

Добавление в соевое масло наночастиц меди (0,1%) привело к интенсификации процесса охлаждения преимущественно в области низких температур, а увеличение концентрации частиц на 0,2% позволило увеличить скорость охлаждения в области средних и низких температур (табл. 4).

Табл. 3. Сравнение интенсивности охлаждения (K_{II}^I) в мезо- и наножидкостях на основе PM, полученных в АЦ

I	PM+0,5% Al ₂ O ₃			PM+0,5% FeO			PM+0,5% TiO ₂			PM+1,5% ГГМКК			PM+1% КГМКК			PM+1% SiO ₂		
	Температурные интервалы охлаждения, °С																	
II	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200
PM _{АЦ}	1,02...1,06	1,06...1,17	1,02...1,64	1,01...1,02	1,02...1,12	1,01...1,32	1,01...1,08	1,01...1,05	1,01...1,41	1,01...1,13	1,12...1,63	1,64...3,34	1,02...1,21	-	-	0,35...0,9	0,24...0,34	0,34...0,64

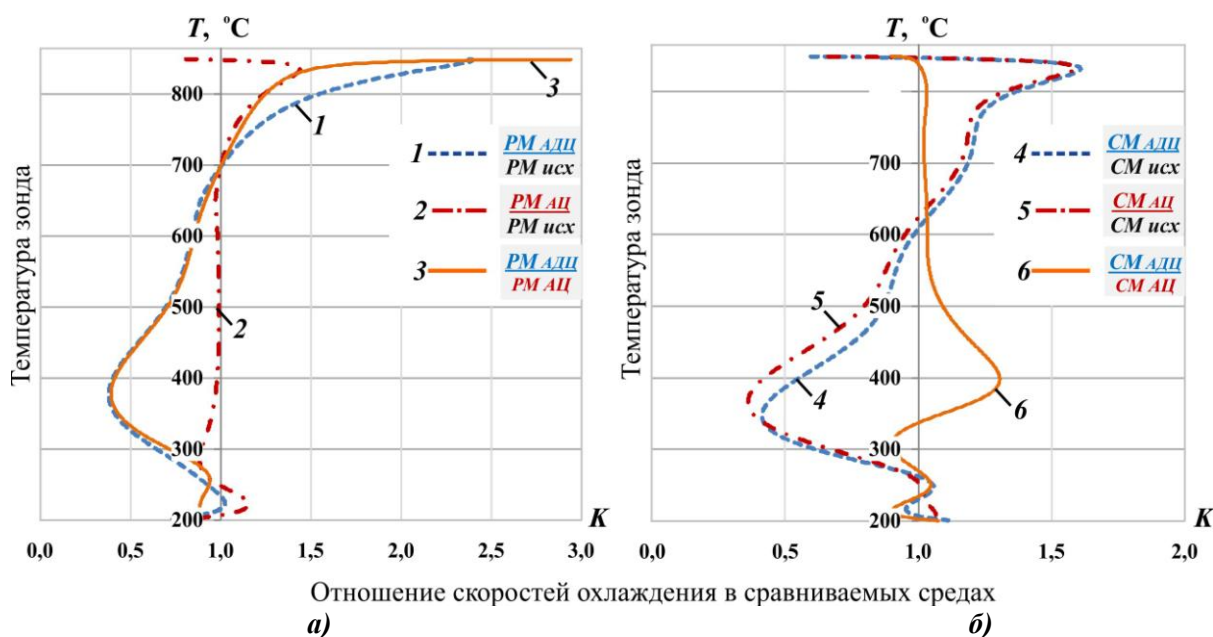


Рис. 2. Интенсивность охлаждения зонда в растительных маслах:

(а) в рапсовом масле РМ: 1- изменение скорости охлаждения в РМ, обработанном в аппарате дисково-цилиндрическом (АДЦ), по сравнению с исходным РМ; 2- изменение скорости охлаждения в РМ, обработанном в аппарате цилиндрическом (АЦ), по сравнению с исходным РМ; 3 - изменение скорости охлаждения в РМ, обработанном в АДЦ, по сравнению с РМ, обработанном в АЦ.

(б) в соевом масле СМ: 4- изменение скорости охлаждения в СМ, обработанном в АДЦ, по сравнению с исходным СМ; 5- изменение скорости охлаждения в СМ, обработанном в АЦ, по сравнению с исходным СМ; 6 - изменение скорости охлаждения в СМ, обработанном в АДЦ, по сравнению с СМ, обработанном в АЦ.

Табл. 4. Сравнение интенсивности охлаждения (K_{II}^I) наножидкостях на основе СМ, полученных методом электрического взрыва проводников [6]

I	СМ+0,1%Cu			СМ+0,3%Cu		
	Температурные интервалы охлаждения, °С					
II	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200
СМ _{исх}	1,01...1,04	1,01...1,04	1,04...1,14	1,01...1,04	1,04...1,23	1,23...1,8
СМ+0,1%Cu				-	1,04...1,18	1,18...1,79

Особый интерес в качестве охлаждающих сред и теплоносителей представляют природные рассолы (скважины 2300 м) со сложным минеральным и элементным составом (Mg, I, K, Cl, Br, Cu, Fe, Mb,

Se, Si, Ag). Охлаждающая способность таких сред по сравнению с традиционными средами для закалки изделий из углеродистых сталей [10] возрастает в 1,2...3,4 раза (табл. 5).

Табл. 5. Сравнение интенсивности охлаждения (K_{II}^I) в жидкостях на основе природных рассолов и традиционных средах для охлаждения

I	образец на основе рассолов MgCl ₂			образец на основе рассолов NaCl и MgCl ₂			образец на основе рассолов NaCl и MgCl ₂ с 1% добавок		
	Температурные интервалы охлаждения, °С								
II	850-600	600-400	400-100	850-600	600-400	400-100	850-600	600-400	400-100
образец на основе рассолов MgCl ₂				1,02...1,3	-	-	1,01...1,36	1,01...1,24	-
образец на основе рассолов NaCl и MgCl ₂							1,01...1,31	1,07...1,25	1,1...1,26
Вода				1,24...3,36	1,29...1,46	1,02...1,42	1,62...3,25	1,5...1,61	1,01...1,75
10% NaCl	-	1,01...1,16	1,01...1,16	-	-	1,01...1,75	1,01...1,49	1,07...1,18	-

Выводы

1. В представленной работе впервые получены и исследованы мезо- и наножидкости на основе растительных масел и природных рассолов, полученные методом ДИВЭ.
2. Проявление различных теплофизических свойств и охлаждающей способности полученных сред зависит не только от состава растительных масел и элементного состава рассолов, природы, размера и концентрации дисперсных включений, но и от методов воздействия при получении охлаждающих сред.
3. Полученные данные позволят разработать методы и технологии получения охлаждающих сред и теплоносителей с заданными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бардаханов С. П. Исследование теплопроводности наножидкостей на основе наночастиц оксида алюминия / С. П. Бардаханов, С.А. Новопашин, М.А. Серебрякова // Наносистемы: физика, химия, математика. – 2012. – Т. 3, № 1 – С. 27–33.
2. Ramest G. Review of thermo-physical properties, wetting and heat transfer characteristics of nanofluids and their applicability in industrial quench heat treatment / Ramest G., Prabhu N.K. // Nanoscale Review Letters. – 2011. – Apr 14;V.6, #1. – P. 334-349.

3. *Бондаренко Б.И.* Наножидкости для энергетики: влияние стабилизации на критический тепловой поток при кипении / Б.И. Бондаренко, В.Н. Морару, С.В. Сидоренко и др. // Письма в ЖТФ. – 2012. – т. 38, № 18. – С. 68–78.
4. *Фокин Б.С.* Критический тепловой поток при кипении водной дисперсии наночастиц / Б.С. Фокин, М.Я. Беленький, В.И. Альмяшев и др. // Письма в ЖТФ. – 2009. – Т. 35, № 10. – С. 1–5.
5. *Wei Yu* A Review on Nanofluids: Preparation, Stability Mechanisms and Applications / Wei Yu, Huaqing Xie // Journal of Nanomaterials – 2012. – v. 2012, Article ID 435873. – 17 p.
6. *Чуистов К.В.* Малые металлические частицы: способы получения, атомная и электронная структура, магнитные свойства и применения/ К. В. Чуистов, А. Е. Перекос, А. П. Шпак и др. // Успехи физики металлов. – 2003. – Т. 4, № 4. – С. 235-270.
7. *Долинский А.А.* Метод ДИВЭ в инновационных технологиях и тепломассообменном оборудовании / А.А. Долинский, Л.Н. Грабов, Т.Л. Грабова // Промышленная теплотехника. – 2012. – Т. 34, № 3. – С. 18–30.
8. *Grabov L.N.* The DPIE System Improves Cooling Capacity of a Canola Oil to be Used as a Quencheng/ L.N. Grabov, A.A. Moskalenko, P.N. Logvinenco, N.I. Kobasko // Proceedings of the 16 th WSEAS International Conference on Communications. Kos Island, Greece. – July 14-17, 2012. – P. 490–494.
9. *Москаленко А.А.* Разработка методики и аппаратного обеспечения для определения охлаждающих способностей закалочных гидкостей / Москаленко А.А., Кобаско Н.И., Проценко Л.Н., Логвиненко П.Н. и др.// Материалы Десятой юбилейной международной Промышленной конференции «Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях», Славское, 18-22 февраля. – 2010. – С. 209–212.
10. *Петраш Л.В.* Закалочные среды / Л.В. Петраш. – М.-Л.: Государственное научно-техническое издание машиностроительной литературы, 1959. – 113 с.