

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИВЭ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ МЕЗО- И НАНОЖИДКОСТЕЙ

А.А. ДОЛИНСКИЙ, Л.Н. ГРАБОВ, А.А. МОСКАЛЕНКО, Т.Л. ГРАБОВА

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).

В ИТТФ НАНУ на базе многолетнего опыта практической реализации методов 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: дисковоцилиндрический (АДЦ) и цилиндрический (АЦ), в которых реализуется метод ДИВЭ.

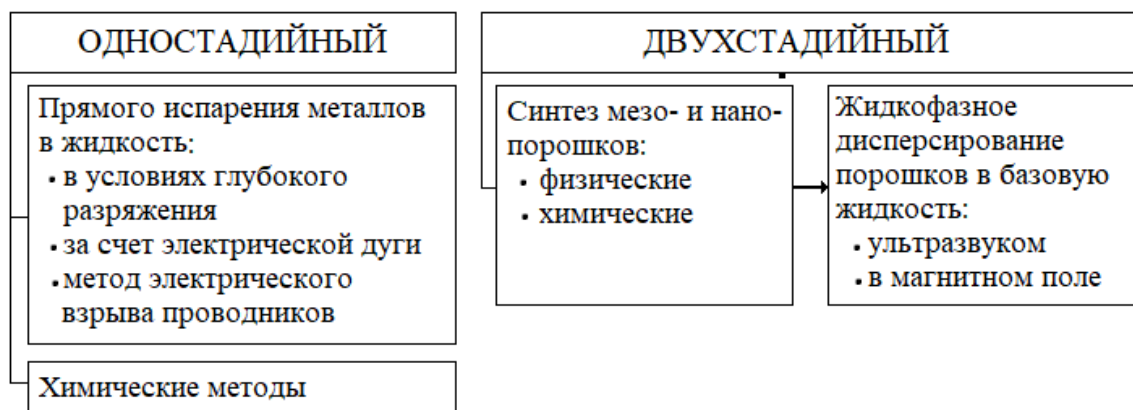


Рис.1. Методы получения мезо- и наножидкостей

Таблица 1

Сравнение двух групп методов получения мезо- и наножидкостей

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

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 ИТТФ

НАНУ [9]. По полученным на стенде температурно-временным зависимостям охлаждения стандартного цилиндрического зонда построены дифференциальные зависимости $V(\tau, T)$, которые обработаны статистическими методами.

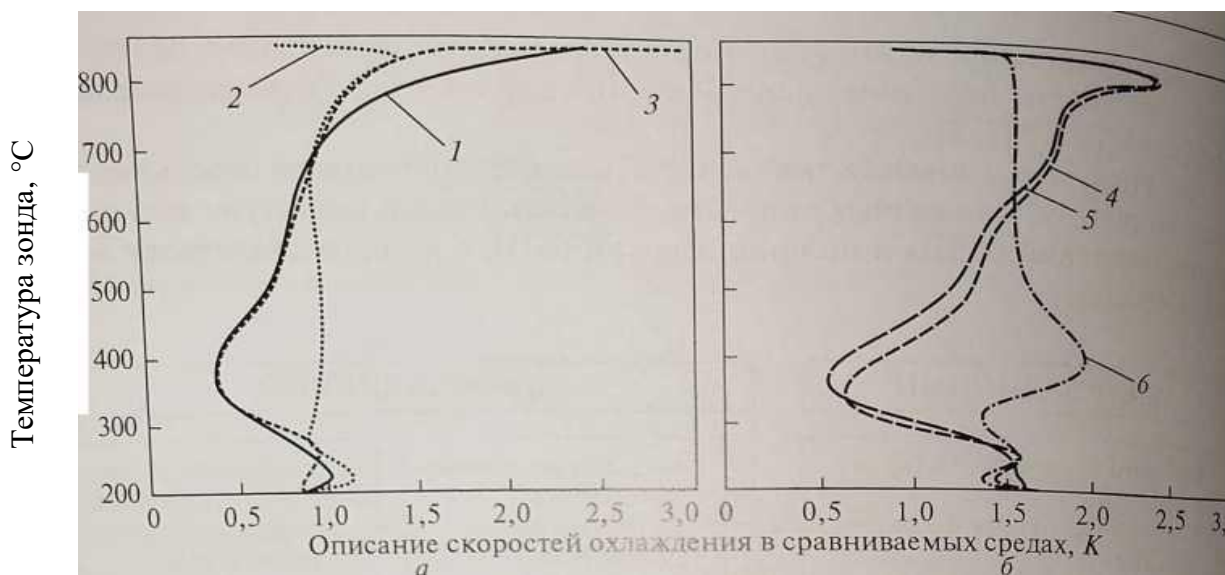


Рис. 2. Интенсивность охлаждения зонда в растительных маслах: (а) в рапсовом масле РМ: 1 — изменение скорости охлаждения в РМ, обработанном в аппарате дисково-цилиндрическом (АДЦ), по сравнению с исходным РМ; 2 - изменение скорости охлаждения в РМ, обработанном в аппарате цилиндрическом (АЦ), по сравнению 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 СМ, обработанном в АДЦ, по сравнению с СМ, обработанном в АЦ.

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 $K_{II}^1 = f(T)$, 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.

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).

Таблица 2

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

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

Таблица 3

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

II	I								
	PM+0,5% Al ₂ O ₃			PM+0,5% FeO			PM+0,5% TiO ₂		
	Температурные интервалы охлаждения, °C								
	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...1,08	1,01...1,08	1,01...1,05	1,01...1,41
II	I								
	PM+1,5% ГГМКК			PM+1% КГМКК			PM+1% SiO ₂		
	Температурные интервалы охлаждения, °C								
	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200
PM _{АЦ}	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

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).

Таблица 4

Сравнение интенсивности охлаждения (K_{II}^d) наножидкостях на основе CM, полученных методом электрического взрыва проводников [6]

II	I					
	CM + 0,1% Cu			CM + 0,3% Cu		
	Температурные интервалы охлаждения, °C					
	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200
CM _{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
CM + 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).

Таблица 5

Сравнение интенсивности охлаждения (K_{II}^d) жидкостях на основе природных рассолов и традиционных средах для охлаждения

II	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								
	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200	850-600	600-400	400-200
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	1,01...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 нано-жидкостей 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 теплообменном 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 Quenchant/ 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 жидкостей / Москаленко А.А., Кобаско Н.И., Проценко Л.Н., Логвиненко П.Н. и др.

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.

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ**

**МИКРО-
И НАНО-
УРОВНЕВЫЕ
ПРОЦЕССЫ
В ТЕХНОЛОГИЯХ
ДИВЭ**

Тематический сборник статей

**Под общей редакцией академика НАН Украины
А.А. Долинского**

УДК 536.24
ББК 30.13
М59

Рецензенты:

академик НАН Украины А.В. КИРИЛЕНКО, директор Института электродинамики НАН Украины;
член-корреспондент НАН Украины Ю.Ф. СНЕЖКИН, заместитель директора ИТТФ НАН Украины

*Утверждено к печати Ученым советом Института технической теплофизики
НАН Украины (протокол № 11 от 10.06.2014)*

Микро- и наноразмерные процессы в технологиях ДИВЭ : М 59 Тематический сборник статей / под общей ред. А.А. Долинско-го ; Институт технической теплофизики НАН Украины. — К. : Академперіодика, 2015. — 464 с, 24 с. ил.

ISBN 978-966-360-291-2

В сборнике научных статей представлены работы ученых Института технической теплофизики НАН Украины и их коллег, посвященные фундаментальным и прикладным исследованиям метода дискретно-импульсного ввода энергии в жидкие гетерогенные среды и его механизмов для интенсификации процессов тепломассообмена с целью разработки энергосберегающих технологий для различных отраслей промышленности. Представляет интерес для ученых, аспирантов, инженеров, специализирующихся в области тепломассообмена, гидродинамики, разработке технологий смешивания, гомогенизации, получения наноструктур, экстракции, ферментации, аэрации, дегазации, эмульгирования, измельчения, концентрирования и гранулирования, а также аппаратов для их осуществления.

ISBN 978-966-360-291-2

© Институт технической теплофизики

НАН Украины, 2015 © Академперіодика. оформление, 2015

Содержание

ПОСТАНОВЛЕН ИЕ ПРЕЗИДИУМА АН УССР от 01.12.1982 № 499 "Метод дискретно-импульсного ввода энергии в дисперсные среды и перспективы его использования в народном хозяйстве".....	3
<i>Долінський А.А.</i> Принцип дискретно-імпульсного вводу енергії та його використання у технологічних процесах.....	5
<i>Долинский А.А., Накорчевский А. И.</i> Системный анализ эволюции технических решений при реализации ДИВЭ.....	15
<i>Иваницкий Г.К.</i> Наномасштабные эффекты в процессах кавитации. I. Паровая кавитация	22
<i>Иваницкий Г. К.</i> Наномасштабные эффекты в процессах кавитации. II. Критерий разрушения кавитационных пузырьков	29
<i>Иваницкий Г. К., Корчинский А.А., Матюшкин М.В.</i> Математическое моделирование процессов в пульсационном диспергаторе ударного типа.....	38
<i>Басок Б.И., Чайка А.И., Новицкая М.П.</i> Гидродинамика и теплообмен в пульсирующей дисперсной среде.....	48
<i>Шаркова Н.Ю., Жукотський Е.К., Грищенко Г.В.</i> Особливості технології виробництва соєвих продуктів.....	56
<i>Долінський А.А., Шаркова Н.О., Авдеева Л.Ю., П'янкова О.В., Надточій Н.І.</i> Сучасна технологія виробництва функціональних напоїв на основі сої	60
<i>Басок Б.И., Давыденко Б.В.</i> Особенности гидродинамики, теплопереноса и процессов диспергирования в рабочих объемах цилиндрических роторно-пульсационных аппаратов.....	62
<i>Долинский А.А., Шаркова Н.А., Терлецкая Я. Т., Авдеева Л.Ю., Жукотский Э.К., Грищенко А.В., Горчев В.Ф.</i> Получение липосомных наносистем с использованием эффекта дискретно-импульсного ввода энергии.....	85
<i>Басок Б.И., Давыденко Б.В., Ободович А.Н., Пироженко И.А.</i> Диссипация энергии в активной зоне роторно-пульсационного аппарата.....	90
<i>Басок Б.И., Давыденко Б.В., Ободович А.Н.</i> Численное моделирование процесса перемешивания взаимнорастворимых жидкостей в роторно-пульсационном аппарате.....	98
<i>Долінський А.А., Шаркова Н.О., Авдеева Л.Ю., П'янкова О.В., Надточій Н.І., Зайцева Н. Є.</i> Розробка та впровадження нових технологій виробництва вітчизняних функціональних продуктів на соєвій основі	105
<i>Долінський А. А., Шаркова Н.О., Авдеева Л.Ю., Лопатін О.О., П'янкова О. В.</i> Особливості технології виробництва нового вітчизняного функціонального продукту харчування.....	111
<i>Долинский А.А., Шаркова Н.А., Авдеева Л.Ю.</i> Анализ и прогнозирование адаптивности липосомной системы при дискретно-импульсном вводе энергии.....	115
<i>Долинский А.А., Иваницкий Г. К., Ободович А.Н.</i> Использование механизмов ДИВЭ при роторно-пульсационной обработке гетерогенных сред.....	120

- Иваницкий Г.К.* Численное моделирование динамики кавитационного пузырька в акустическом поле.....131
- Долинский А.А., Шурчкова Ю.Л., Иваницкий Г.К., Целень Б.Я.* Оптимизация тепломассообменных и гидродинамических процессов в технологии термовакуумной обработки молока.....136
- Авдеева Л.Ю.* Оптимізація тепломасообмінних режимів. Одержання наноструктур.....148
- Авдеева Л.Ю.* Метод інтенсифікації процесу отримання ліпосомних наноструктур при дискретно-імпульсному введенні енергії.....153
- Авдеева Л.Ю., Иваницкий Г.К.* Применение гидродинамической кавитации в технологическом процессе получения фосфолипидных наноструктур.....158
- Долинский А.А., Грабова Т.Л.* Применение метода дискретно-импульсного ввода энергии для получения структурированных спиртсодержащих систем.....167
- Долинский А.А., Грабов Л.Н., Грабова Т.Л., Переяславцева Е.А.* Влияние гидродинамической обработки методом ДИВЭ на структуру и сорбционные свойства ксерогелей.....174
- Иваницкий Г.К., Шурчкова Ю.Л., Радченко Н.Л.* Моделирование процесса экструзии в предматричной зоне и в матрице при обработке растительного сырья.....183
- Долинский А.А., Шурчкова Ю.Л., Недбайло А.Е.* Влияние тепломассообменных и гидродинамических процессов на состояние молочных белков.....192
- Шаркова Н.А., Авдеева Л.Ю., Жукотский Э.К., Козак Н.Н.* Повышение эффективности экстракции биологически активных веществ из коллагенсодержащего сырья.....195
- Турчина Т.Я.* Теоретичний аналіз тепломасопереносу при сушінні крапель структурованих рослинних систем.....200
- Авдеева Л.Ю.* Енергоефективна технологія отримання фосфоліпідних наноструктур.....205
- Долінський А.А., Шаркова Н.О., Авдеева Л.Ю., Чуніхін О.Ю.* Дослідження властивостей фосфоліпідних наноструктур, отриманих з використанням ефекту дискретно-імпульсного введення енергії.....210
- Иваницкий Г.К., Недбайло А.Е.* Аналитическое исследование кавитации в рабочем колесе центробежных насосов.....215
- Долинский А.А., Грабов Л.Н., Грабова Т.Л.* Реализация метода ДИВЭ в теплотехнологиях и оборудовании фармацевтической промышленности.....225
- Dolinsky A.A., Grabov L.N., Moskalenko A.A., Grabova T.L.* DPIE System to Improve Cooling Capacity of a Canola Oil to be Used as a Quenchant.....241
- Иваницкий Г.К., Шурчкова Ю.А., Недбайло А.Е.* Использование гидродинамической кавитации для разрушения бактериальных клеток в технологии обработки молока.....247
- Авдеева Л.Ю., Кравченко С.О.* Дослідження властивостей везикулярних фосфоліпідних наноструктур з біологічно активними речовинами.....257
- Шаркова Н.А., Жукотский Э.К., Авдеева Л.Ю., Козак Н.Н.* Оптимизация условий проведения термовлажностной обработки коллагенсодержащего сырья за счет дискретно-импульсного ввода энергии.....261

<i>Шаркова Н.О., Жукотський Е.К., Авдеева Л.Ю., Козак М.М., Костянець Л.О.</i> Оптимізація умов отримання водорозчинного екстракту із колагенвмісної сировини.....	264
<i>Долинский А.А., Грабов Л.Н., Москаленко А.А., Грабова Т.Л.</i> Применение метода ДИВЭ для получения новых мезо- и наножидкостей.....	270
<i>Dolinsky A.A., Grabov L.N., Moskalenko A.A., Grabova T.L.</i> The Research of Cooling Intensity of Micro- and Nanofluids Obtained by DPIE Method to be Used as a Quenchant for Hardening of Steel Parts and Tools.....	276
<i>Долинский А.А., Грабов Л.Н., Посунько Д.В., Шматок А.И.</i> Получение жидких биотопливных смесей методом дискретно-импульсного энергетического воздействия.....	284
<i>Долинский А.А., Шурчкова Ю.А.</i> Вода в условиях обработки ДИВЭ.....	292
<i>Чайка О.І., Гоженко Л.П., Іваницький Г.К., Корінчук Д.М.</i> Інтенсифікація процесу диспергування низинного торфу із застосуванням пульсаційного диспергатора.....	300
<i>Долінський А.А., Авраменко А.О., Іваницький Г.К.</i> Фізичні основи, математичні підходи та технологічні аспекти використання методу ДІВЕ для керування кінетикою протікання нанорівневих процесів в дисперсних та супрамолекулярних системах.....	308
<i>Ободович А.Н., Лымарь А.Ю.</i> Дискретно-импульсный ввод энергии (ДИВЭ) — интенсифицирующий метод гидролиза высокомолекулярных соединений.....	324
<i>Ободович А.Н., Сидоренко В.В., Лымарь А.Ю., Миронец И.Н.</i> Использование дискретноимпульсного метода ввода энергии (ДИВЭ) для интенсификации приготовления жидких кормов для сельскохозяйственных животных на основе барды.....	333
<i>Авдеева Л.Ю.</i> Дослідження масообмінних процесів при кавітаційній обробці рідких гетерогенних середовищ.....	339
<i>Долінський А.А., Шурикова Ю.О., Цельнь Б.Я.</i> Безреагентна нейтралізація кислого конденсату продуктів згоряння природного газу та обладнання для її реалізації.....	343
<i>Долінський А.А., Турчина Т.Я., Жукотський Е.К.</i> Сучасні методи впливу на структуруючі властивості складних матеріалів як об'єктів розпилювального сушіння.....	351
<i>Долинский А.А., Авраменко А.А., Тыринов А.И., Грабова Т.Л.</i> Динамика структурообразования коллоидных агрегаций.....	358
<i>Ободович А.Н., Лымарь А.Ю.</i> Исследование гидравлических характеристик роторно-пульсационного аппарата при обработке водозерновой смеси.....	366
<i>Басок Б.И., Гоцуленко В.В., Авраменко А.А.</i> Применение ДИВЭ для управления неустойчивостью вскипающего потока и эффектов кавитации.....	371
<i>Басок Б. И., Давыденко Б.В.</i> Применение технологии ДИВЭ при производстве моногранулированных продуктов.....	404
<i>Долинский А.А., Басок Б.И.</i> Наномасштабные эффекты при дискретно импульсной трансформации энергии.....	422
<i>Басок Б.И., Рыжков С.С.</i> Применение эффектов дискретно-импульсного ввода энергии для улавливания жидких частиц потока аэрозоля.....	438
СПИСОК АВТОРОВ.....	459