

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИСКРЕТНО-ИМПУЛЬСНОГО ВВОДА ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ СПИРТСОДЕРЖАЩИХ СИСТЕМ

А.А. ДОЛИНСКИЙ, Т.Л. ГРАБОВА

Исследование процессов структурообразования в дисперсных системах имеет важное теоретическое и прикладное значение в виду многообразия таких систем, участвующих, как в природных явлениях, так и при проведении различных технологических операций [1].

В частности, процессы структурообразования, в т.ч. при получении наноструктурированных систем, являются основными в технологиях получения широкого спектра фармацевтической и косметической продукции (гели, мази, кремы и т.п.). Характер протекания таких процессов и функциональные свойства готового продукта зависит от ряда факторов, в частности, физико-химической природы субстанций, водородного показателя системы, концентрации структурообразователя, температуры процесса, а также от методов обработки и получения связно-дисперсных систем [2, 3].

В представленной работе рассмотрены процессы структурообразования (гелеобразования) в спиртсодержащей смеси (этанол, эфиры кислот, ароматические масла, вода), где в качестве структурообразователя применяется карбомер. Процесс гелеобразования в таких системах проходит в 3 стадии (рис. 1).

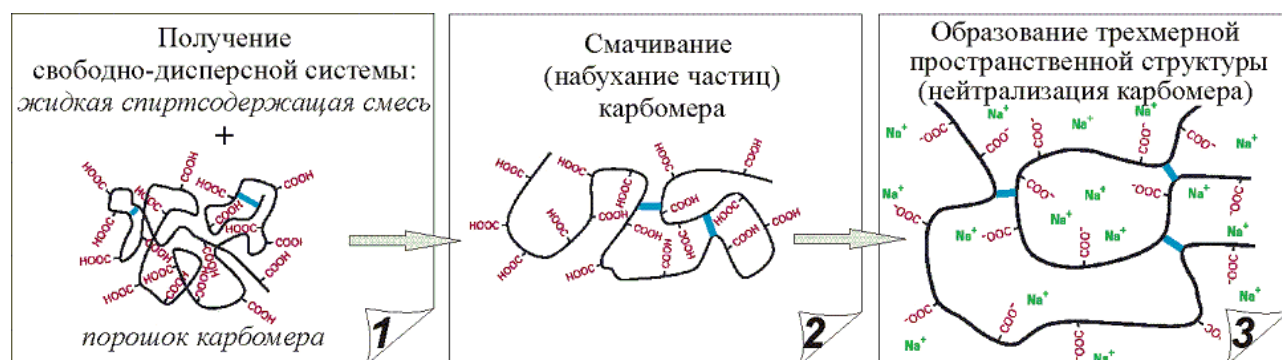


Рис. 1. Схема механизма гелеобразования в спиртсодержащих системах

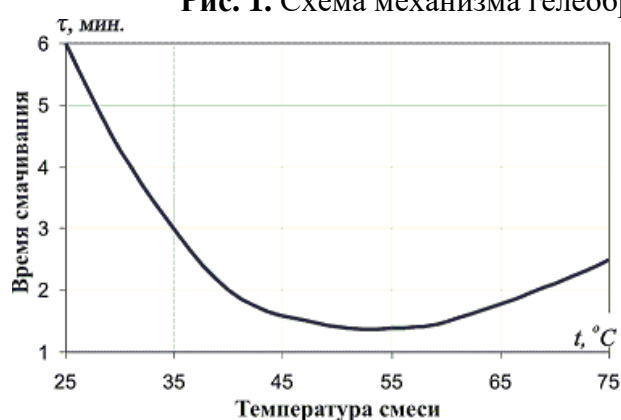


Рис. 2. Зависимость изменения времени смачивания (набухания частиц) карбомера от температуры системы

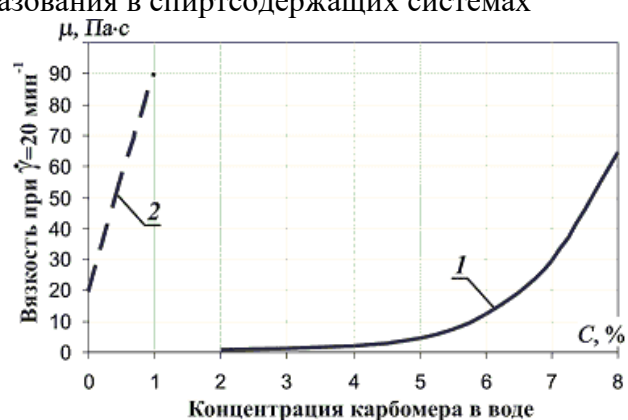


Рис. 3. Вязкость водной дисперсии в зависимости от концентрации карбомера: 1 — для системы с pH = 2,8...3,3; 2 — с pH = 7,5

Первая стадия заключается в получении дисперсии структурообразователя (карбомера) в спиртовой смеси. Карбомер является высокодисперсным порошком (размер частиц 2...25 мкм). Каждая частица представляет собой трехмерную сетчатую структуру и в силу гидрофильных свойств характеризуется высокими значениями поверхностной энергии на межфазной границе.

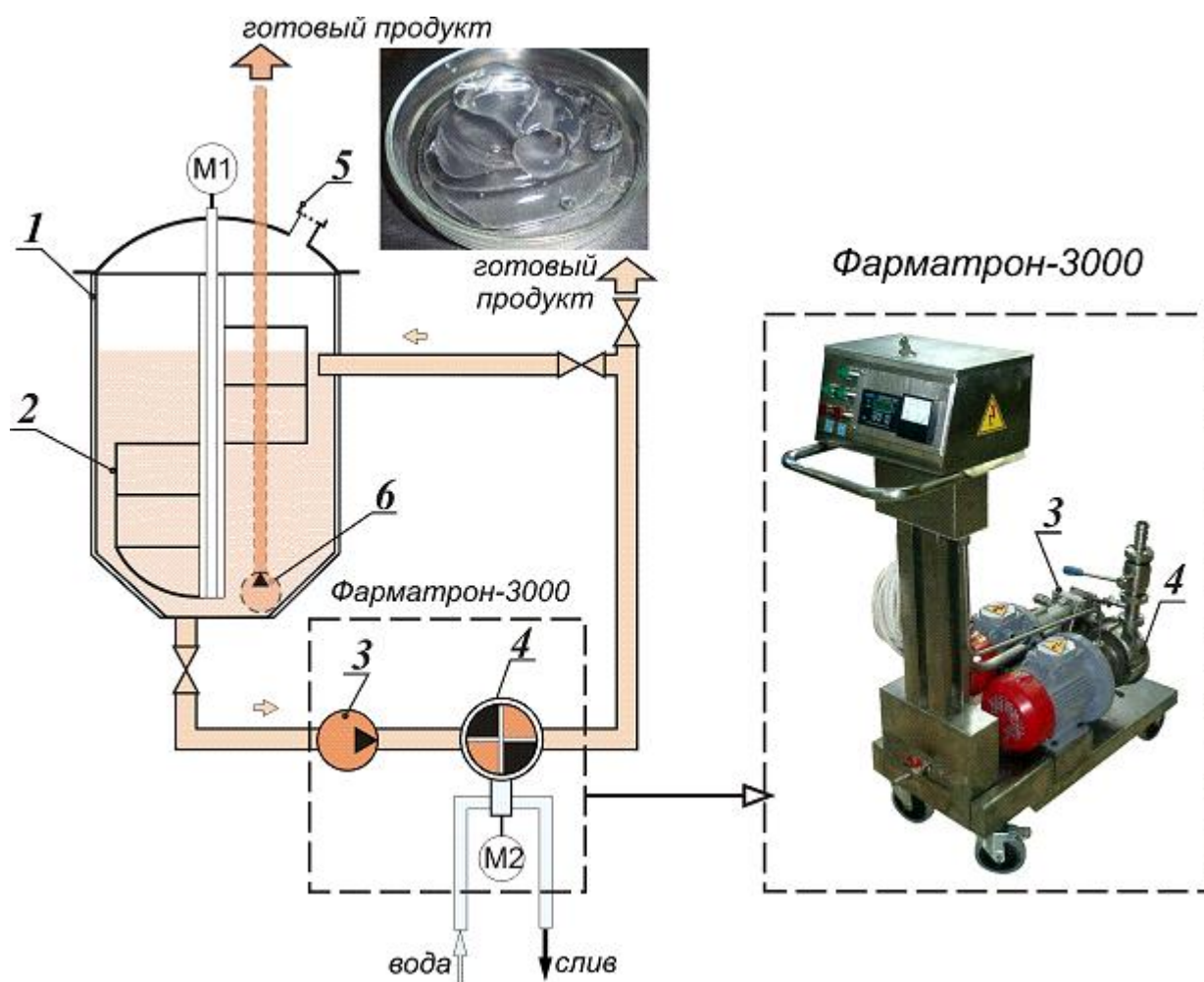


Рис. 4. Принципиальная схема получения спиртовых гелей: 1 — реактор; 2— мешалка; 3— роторный насос; 4 -дисково-цилиндрический аппарат; 5— сито; 6— погружной насос

Сила взаимодействия в контактах между частицами возрастает при его погружении в дисперсионную среду (спиртовую смесь), что приводит к образованию больших коагуляционных структур неравномерно распределенных по объему смеси и затрудняет процессы гелеобразования во всем объеме.

На второй стадии молекула карбомера гидратируется и начинает набухать. Интенсивность такого массообменного процесса существенно зависит от температуры системы (рис. 2). Однако повышение температуры приводит к возникновению коагуляционных структур (слипанию набухающих частиц). А нагрев смеси свыше 70...75 °С приводит к деструкции (пластификации) карбомера и, соответственно, к прекращению процесса гелеобразования.

На 3-й стадии существенно изменяются основные структурно-механические свойства — система теряет текучесть из-за образования структурной сетки. Увеличение вязкости

системы в зависимости от содержания карбомера в водной дисперсии изменяется по экспоненциальной зависимости (поз. 7, рис. 3), а для дисперсии со значением рН системы большим в 2,5 раза — по линейной зависимости (поз. 2). Кроме того, понижение водородного показателя системы дает возможность осуществлять процессы гелеобразования в системах с концентрацией карбомера менее 1 % [3].

ИТТФ НАНУ совместно со специалистами ГЗМП ИБОНХ НАНУ создали установку и провели работы по обработке технологии получения спиртовых гелей.

Традиционно принципиальная схема получения таких гелей (рис. 4) включает реактор 1 объемом 200 л с перемешивающим устройством 2, сито 5 для загрузки структурообразователя с дезинтеграцией, для выгрузки готового продукта используют погружной насос 6 и мобильный насосно-диспергационный агрегат типа "Фарматрон-3000", разработанный и изготовленный ИТТФ НАНУ [4]. Одним из составных элементов агрегата является дисково-цилиндрического аппарат роторно-пульсационного типа (рис. 5).

Применение эффектов дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ) в гетерогенные системы [5,6], реализуемые в таких аппаратах за счет многофакторного динамического и энергетического воздействия на обрабатываемую систему [7, 8], позволяет решить ряд проблем в процессах гелеобразования.

Следует отметить: опытно-промышленные испытания показали, что получение спиртосодержащего геля невозможно без применения методов ДИВЭ. Однако действующая технология имела ряд недостатков (табл. 1): неравномерное распределение субстанций по объему обрабатываемой системы, завоздушивание готового продукта, продолжительность операций.

Технологическая цепочка рассчитана на 165 кг готового продукта, где массовая доля структурообразователя составляет менее 0,006 %.

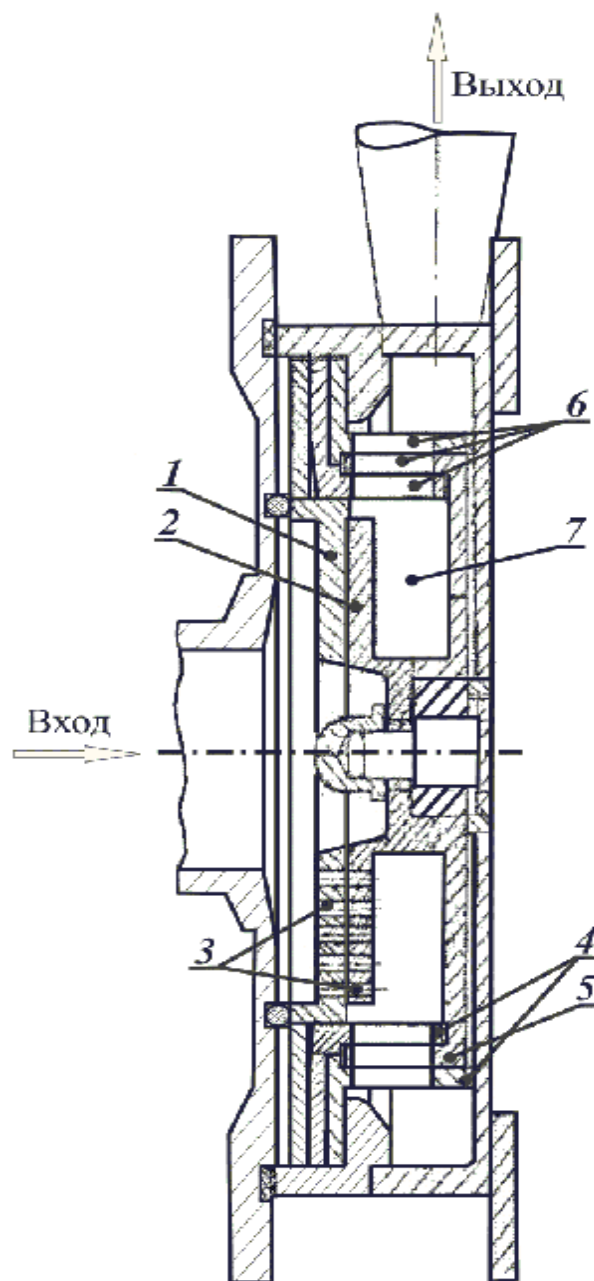


Рис. 5. Схема конструкции дисково-цилиндрического аппарата: 1, 4 статоры; 2, 5 роторы; 3 - каналы; 6 - прорезы; 7 – камера; 1-3 – дисковый узел; 4-6 - цилиндрический узел

Таблица 1

Карта получений спиртосодержащего геля по действующей технологии

| Технологическая операция | Субстанция | Технологическое оборудование | | | | | | Продолжительность операции, мин. | Недостатки |
|---------------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------|------|----------------|--------------------------|-----------------|--|------------|
| | | Реактор | Мешалка | Сито | Роторный насос | Дисково-цилиндр. аппарат | Погружной насос | | |
| Загрузка | Жидкая смесь | | | | | | | | |
| Загрузка | Порошок карбомера | | | | | | 60 | Продолжительная, трудоемкая операция | |
| Перемешивание смеси | | | | | | | 120-150 | Неравномерное распределение карбомера по объему смеси, возникновение коагуляционных структур | |
| Загрузка (метод непрямого добавления) | Жидкий нейтрализатор | | | | | | | | |
| Перемешивание смеси | | | | | | | 30 | Неравномерное распределение субстанции по объему смеси, помутнение смеси | |
| Гомогенизация | | | | | | | 45-60 | Происходит распределение частиц структурированного продукта в объеме неструктурированного, т.е. не возникает пространственной сетки во всем объеме | |
| Выгрузка | Готовый продукт: гель | | | | | | | Задействовано дополнительное оборудование | |
| | | | | | | | 4-4,5 часа | | |

Учитывая опыт теоретических и прикладных работ в области ДИВЭ в гетерогенные системы, а также проведенные Институтом экспериментальные исследования [9—11], предложена технология, в которой эффекты ДИВЭ целесообразно использовать на каждой стадии процесса гелеобразования (табл. 2).

Карта получения спиртосодержащего геля по предложенной ИТТФ НАНУ технологии

| Технологическая операция | Субстанция | Технологическое оборудование | | | | | | Продолжительность операции, мин. | Недостатки |
|---|-----------------------|------------------------------|---------|------|----------------|--------------------------|-----------------|----------------------------------|--|
| | | Реактор | Мешалка | Сито | Роторный насос | Дисково-цилиндр. аппарат | Погружной насос | | |
| Загрузка и гомонезация | Жидкая смесь | | | | | | | 25-30 | Равномерное распределение карбомера в объеме смеси, начало процесса смачивая карбомера |
| | Порошок карбомера | | | | | | | | |
| | Жидкая смесь | | | | | | | | |
| Перемешивание | | | | | | | | 30 | Процесс смачивания и частичное разворачивание молекулы карбомера |
| Загрузка (метод непрямого добавления) и гомогенизация | Жидкий нейтрализатор | | | | | | | 5-10 | Равномерное распределение субстанции в объеме |
| Перемешивание смеси | | | | | | | | 30 | Процесс нейтрализации: полностью разворачивается молекула карбомера, образуя пространственную сетку во всем объеме смеси |
| Выгрузка | Готовый продукт: гель | | | | | | | 15-20 | Сдвиговые напряжения, развиваемые в аппарате, разжижают систему и позволяют ее транспортировать |
| | | | | | | | | 2-2,5 часа | |

Такой подход обоснован следующим. При прохождении системы через аппарат развиваются большие скорости сдвига, приводящие к диссипации энергии, что сопровождается выделением теплоты. Т.е. при обработке системы повышается ее температурный потенциал, что приводит к интенсификации тепломассообменных процессов (смачивания, набухания, гидратации, нейтрализации). При этом кратковременный нагрев в локальных зонах не приводит к деструкции геля.

За счет динамического и пульсирующего режимов течения, турбулентных и вихревых потоков, особенно их влияние существенно на первых стадиях процесса — пока система

является свободно-дисперсной, происходит равномерное распределение порошка структурообразователя в смеси, а соответственно, позволяет получить равномерную по плотности во всем объеме трехмерную структуру.

Динамика процесса гелеобразования и качество готового продукта определяют по значениям вязкости и оптической плотности [1,12].

Полученный спиртсодержащий гель является вязкопластичной структурой с выраженными псевдопластичными реологическими свойствами, что свидетельствует о получении структурированной системы. При низких напряжениях сдвига гель не обладает текучестью, при высоких сдвиговых напряжениях (до 2...2,5 МПа), которые развиваются в аппарате в процессе гидродинамической обработки, он становится текучим. Кратковременное воздействие таких напряжений не приводит к необратимым разрушениям его пространственной структуры, обработанная система обладает свойствами тиксотропии.

Вязкость полученного спиртового геля достигает $6,5 + 1,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$, а оптическая плотность — $1,366 \pm 0,003$, что соответствует аналитическо-нормативной документации на готовый продукт по ТУ У 24-2-32665379-010:2007.

На ГЗМП ИБОНХ НАНУ по предложенной технологии выпущена промышленная партия геля АХД-2000, который обладает антибактериальными свойствами — за 30 сек. снижает количество микрофлоры кожи в 100 тыс. раз.

Выводы

1. Применение эффектов ДИВЭ, реализуемых в дисково-цилиндрических аппаратах роторно-пульсационного типа, позволило осуществить и интенсифицировать ряд тепломассообменных и физико-химических процессов получения гелеобразных фармацевтических систем, что привело к сокращению продолжительности производственного процесса в 2 раза и ряда трудоемких технологических операций без привлечения дополнительного оборудования, кроме того, позволило улучшить качество готового продукта.
2. Следует отметить, что полученные в работе данные могут быть использованы для разработки новых технологий получения гелеобразных спиртсодержащих топлив.

ЛИТЕРАТУРА

1. Урьев Н.Б. Структурированные дисперсные системы / Н.Б. Урьев // Соровский образовательный журнал. — 1998. — № 6. — С. 42 — 47.
2. Грабова Т.Л. Дискретно-імпульсне введенні енергії в наноструктуровані гетерогенні системи: тези Всеукраїнської конференції "Сучасне матеріалознавство: матеріали та технології" (Київ, 12-14.11.08) /Т.Л. Грабова, А.В. Бучма / Національна академія наук України. - К.: НАНУ, 2008. - С. 161
3. *Carbopol Ultrez 10 Polymer for Personal Care Applications: TECHNICAL DATA SHEET* [Электронный ресурс] / Copyright 2007: The Lubrizol Corporation. – 2007.- 4р. Режим доступа: <http://www.lubrizol.com/Pharmaceutical/DispersionTechniques.html>
4. Грабов Л.Н. Инновационные технологии и тепломассообменное оборудование для фармацевтических производств / Л.Н. Грабов, В.И. Мерший, Т.Л. Грабова // Промышленная теплотехника. — 2003. — т. 25, прил. к № 4. — С. 113 — 115.

5. Долинский А.А. Дискретно-импульсный ввод энергии в теплотехнологиях / А.А. Долинский, Б.И. Басок, С.И. Гулый, А.И. Накорчевский, Ю.А. Шурчкова. — К.: Наукова думка, 2001. — 348 с.
6. Долинский А.А. Принципы оптимизации массообменных технологий на основе метода дискретно-импульсного ввода энергии / А.А. Долинский, А.И. Накорчевский // Промышленная теплотехника. — 1997. — т. 19, № 6. — С. 5—9.
7. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика / М.А. Промтов. — М.: Машиностроение-1, 2001. — 260 с.
8. Грабова Т.Л. Диспергування гетерогенних систем у роторно-пульсаційних апаратах дисково-циліндричного типу: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.14.06 / Т.Л. Грабова. — К., 2007. — 23, [1] с.
9. Грабов Л.Н. Диспергирование многокомпонентных гетерогенных систем /Л.Н. Грабов, В. И. Мерций, Д.В. Посулько // Промышленная теплотехника. — 2008. — т. 30, № 2. - С.27-32.
10. Накорчевский А.И. Гидродинамика и теломассоперенос в гетерогенных системах и пульсирующих потоках / А.И. Накорчевский, Б.И. Басок. — К.: Наукова думка, 2001. — 346 с.
11. Грабова Т.Л. Воздействие ДИВЭ на свойства кремнийорганических сорбентов / Т.Л. Грабова // — 2004. — т. 26, № 6. — С. 9-15.
12. Нужный А.Ю. Определение скорости гелеобразования в системе $\text{SiO}_2\text{—H}_2\text{SO}_4\text{—H}_2\text{O}$ методом турбидиметрии / А.Ю. Нужный, О.Н. Калугин // Вісник Харківського національного університету. — 2007. — № 770, вип. 15 (38). — С. 251—262.

**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**

КИЕВ АКАДЕМПЕРИОДИКА 2015

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 наноуровневые 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 теплообмена с целью разработки энергосберегающих технологий для различных отраслей промышленности. Представляет интерес для ученых, аспирантов, инженеров, специализирующихся в области теплообмена, 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 ДИ ВЭ..... | 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 |
| <i>Иваницкий Г.К.</i> Численное моделирование динамики кавитационного пузырька в акустическом поле..... | 131 |

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