

УДК 532.695:541.182.644

Грабова Т.Л.

Институт технической теплофизики НАН Украины

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

Досліджено вплив ефектів ДІВЕ, які реалізуються у диско-циліндричних апаратах, на процеси структуроутворення у системах спиртвмісна суміш – карбомір. Запропонована ДІВЕ-технологія дозволила інтенсифікувати тепломасообмінні процеси отримання спиртових гелів у 2 рази.

Исследовано влияние эффектов ДИВЭ, реализуемых в дисково-цилиндрических аппаратах, на процессы структурообразования в системах спиртсодержащая смесь – карбомер. Предложенная ДИВЭ-технология позволила интенсифицировать тепломассообменные процессы получения спиртовых гелей в 2 раза.

The influence of the DPIE effects in the disc-cylinder apparatus on the process of structuring in systems alcohol-containing mixture – Carbomer is investigated. The proposed DPIE-technology has allowed to intensify heat-mass exchange processes of obtaining alcohol gels twice.

C – концентрация;
 t – температура;
 pH – водородный показатель;
 $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига;
 τ – время;
 μ – коэффициент динамической вязкости;

ГЗМП – Государственный экспериментальный завод медицинских препаратов;
 ДИВЭ – дискретно-импульсный ввод энергии;
 ИБОНХ – Институт биоорганической химии и нефтехимии.

Исследование процессов структурообразования в дисперсных системах имеет важное теоретическое и прикладное значение ввиду 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 зависят 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).

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. 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 ги-

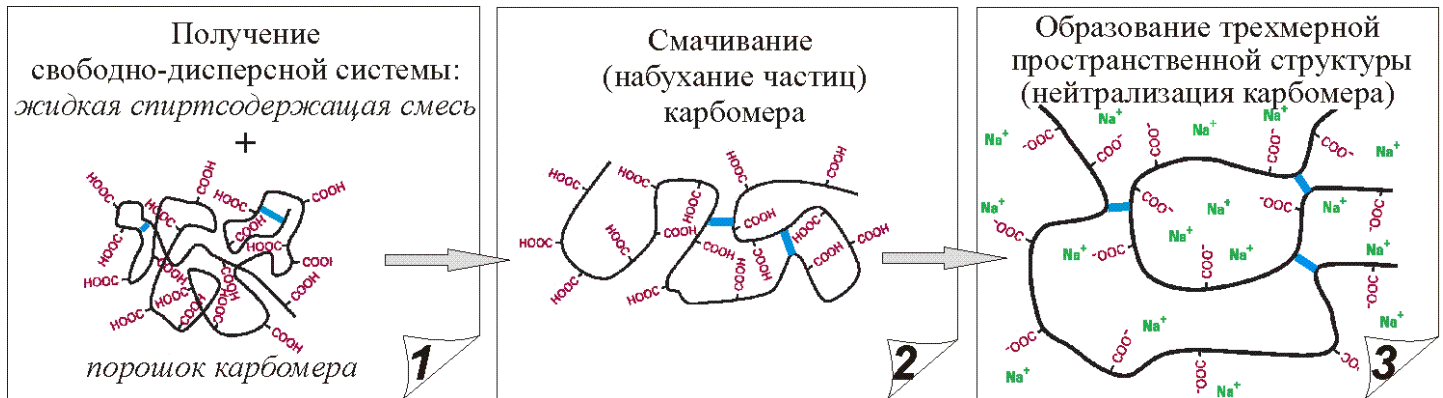


Рис. 1. Схема механизма гелеобразования в спиртсодержащих системах.

дратируется 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. 1, 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].

Специалистами ИТТФ НАНУ и ГЗМП ИБОНХ НАНУ создана установка по отработке теплотехнологии получения спиртовых гелей.

Принципиальная схема получения таких гелей (рис. 4) включает реактор 1 объемом 200 л с перемешивающим устройством 2, сито

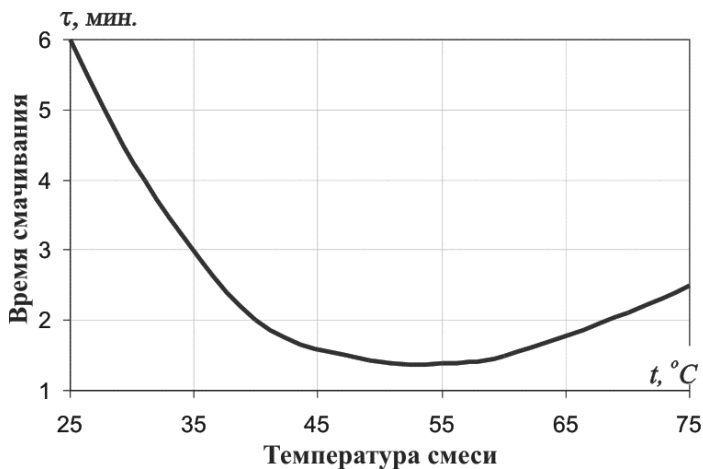


Рис. 2. Зависимость изменения времени смачивания (набухания частиц) карбомера от температуры системы.

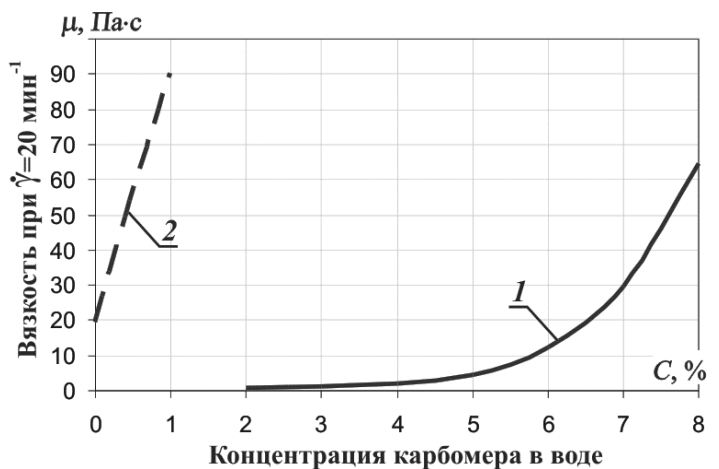


Рис. 3. Вязкость водной дисперсии в зависимости от концентрации карбомера: 1 – для системы с рН = 2,8...3,3; 2 – с рН = 7,5.

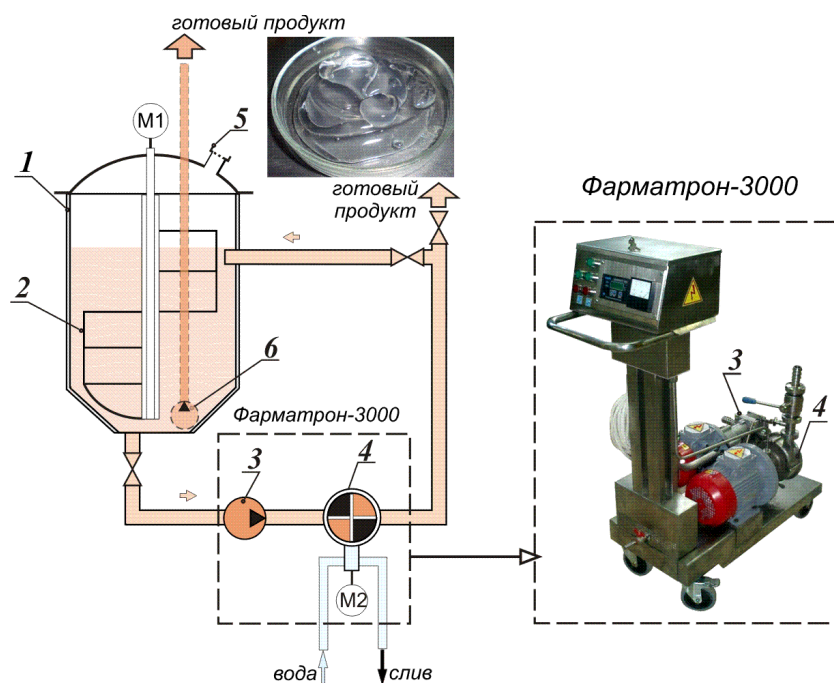


Рис. 4. Принципиальная схема получения спиртовых гелей:
 1 – реактор; 2 – мешалка; 3 – роторный насос;
 4 – дисково-цилиндрический аппарат; 5 – сито; 6 – погружной насос.

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.

Опытно-промышленные испытания показали, что получение спиртсодержащего геля невозможно без применения методов ДИВЭ. При этом действующая технология имела ряд недостатков (см. табл. 1): неравномерное распределение субстанций по объему обрабатываемой системы, завоздушивание готового продукта, продолжительность операций. Технологиче-

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

Учитывая результаты теоретических и прикладных работ в области ДИВЭ в гетерогенные системы, а также проведенные в ИТТФ НАНУ экспериментальные исследования [9-11], предложена технология, в которой эффекты ДИВЭ используются на каждой стадии процесса гелеобразования (см. табл. 2). 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

Табл. 1. Карта получения спиртсодержащего геля по действующей технологии

| | Технологическая операция | Субстанция | Технологическое оборудование | | | | | | Продолжительность операции, мин. | Недостатки |
|---|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------|------|----------------|-------------------------|-----------------|---|------------|
| | | | Реактор | Мешалка | Сито | Роторный насос | Дисково-цилиндр аппарат | Погружной насос | | |
| 1 | Загрузка | жидкая смесь | | | | | | | | |
| 2 | Загрузка | порошок карбомера | | | | | | 60 | продолжительная, трудоемкая операция | |
| 3 | Перемешивание смеси | | | | | | | 120...150 | неравномерное распределение карбомера по объему смеси, возникновение коагуляционных структур | |
| 4 | Загрузка (метод непрямого добавления) | жидкий нейтрализатор | | | | | | | | |
| 5 | Перемешивание смеси | | | | | | | 30 | неравномерное распределение субстанции по объему смеси, помутнение смеси | |
| 6 | Гомогенизация | | | | | | | 45...60 | происходит распределение частиц структурированного продукта в объеме неструктурированного, т. е. не возникает пространственной сетки во всем объеме | |
| 7 | Выгрузка | готовый продукт: гель | | | | | | | привлечение дополнительного оборудования | |
| | | | | | | | | 4...4,5 часа | | |

на первых стадиях процесса – пока система является свободно-дисперсной) происходит равномерное распределение порошка структурообразователя в смеси, а соответственно, по-

зволяет получить равномерную по плотности во всем объеме трехмерную структуру.

Динамика процесса гелеобразования и качество готового продукта определяют по значе-

Табл. 2. Карта получения спиртсодержащего геля по предложенной ИТТФ НАНУ технологии

| | Технологическая операция | Субстанция | Технологическое оборудование | | | | | Продолжительность операции, мин. | Тепломасообменные и физико-химические процессы |
|---|---|-----------------------|------------------------------|---------|------|----------------|-------------------------|--|--|
| | | | Реактор | Мешалка | Сито | Роторный насос | Дисково-цилиндр аппарат | | |
| 1 | Загрузка и гомогенизация | жидкая смесь | ■ | | | | | 25...30 | равномерное распределение карбомера в объеме смеси, начало процесса смачивания карбомера |
| | | порошок карбомера | | ■ | | ■ | ■ | | |
| | | жидкая смесь | ■ | | | ■ | ■ | | |
| 2 | Перемешивание | | ■ | ■ | | | 30 | процесс смачивания и частичное разворачивание молекулы карбомера | |
| 3 | Загрузка (метод непрямого добавления) и гомогенизация | жидкий нейтрализатор | ■ | ■ | | ■ | ■ | 5...10 | равномерное распределение субстанции в объеме |
| 4 | Перемешивание смеси | | ■ | ■ | | | | 30 | процесс нейтрализации: полностью разворачивается молекула карбомера, образуя пространственную сетку во всем объеме смеси |
| 5 | Выгрузка | готовый продукт: гель | ■ | | | ■ | ■ | 15...20 | сдвиговые напряжения, развиваемые в аппарате, разжижают систему и позволяют ее транспортировать |
| | | | | | | | 2...2,5 часа | | |

ниям 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 обработ-

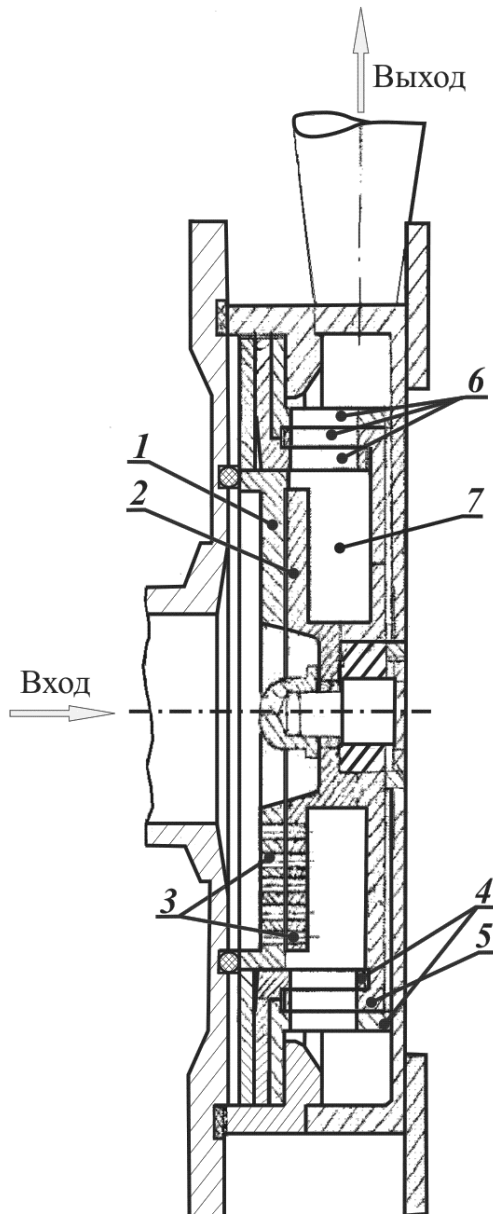


Рис. 5. Схема конструкции дисково-цилиндрического аппарата:
 1, 4 – статоры, 2, 5 – роторы, 3 – каналы;
 6 – прорези; 7 – камера.
 1–3 – дисковый узел;
 4–6 – цилиндрический узел.

ки, он становится текучим. Кратковременное воздействие таких напряжений не приводит к необратимым разрушениям его пространственной структуры, обработанная система обладает свойствами тиксотропии.

Вязкость полученного спиртового геля до-

стигает $6,5 \pm 1,5$ Па·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 №021109 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 теплообменных 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 спиртосодержащих 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 введення 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. – 4 p. – Режим доступа: <http://www.lubrizol.com/Pharmaceutical/DispersionTechniques.html>.

4. Грабов Л.Н. Инновационные техноло-

гии и теплообменное оборудование для фармацевтических производств / Л.Н. Грабов, В.И. Мерский, 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 с.

9. Грабов Л.Н. Диспергирование многокомпонентных гетерогенных систем / Л.Н. Грабов, В.И. Мерский, 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 SiO₂–H₂SO₄–H₂O методом турбидиметрии / А.Ю. Нужный, О.Н. Калугин // Вісник Харківського національного університету. – 2007. – № 770, вип. 15 (38). – С. 251–262.

Получено 25.02.2010 г.