

Враховуючи те, що умова виконується можна вважати, що математична модель адекватно описує кінетику процесу .

Висновки. Запропоновано математичну модель кінетики процесу виходу біогазу при переробці ламінованої паперової упаковки. Отримано її аналітичне та числове рішення для різних температурних режимів, що узагальнені у вигляді теоретичних графічних залежностей. Отримано експериментальні залежності кінетики виходу біогазу за різних температурних режимів процесу, що підтверджують адекватність запропонованої математичної моделі і можливість промислового здійснення запропонованого процесу.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження кінетики біогазового процесу спрямовані на розробку конструкції та створення методики розрахунку промислового зразка біореактора.

Література

1. Патент № 89325 (UA), МПК (2014. 01) С 02 F 11/00. Спосіб утилізації ламінованої паперової упаковки. Марчевський В. М., Смірнова В. А. , Заявка № 201314965, 20.12.2013; Опубл.10.04.2014, Бюл. № 7.
2. Баадер В. Биогаз: Теория и практика. / В. Баадер, Е. Доне, М. Брендерфер; Пер. с нем. М. И. Серебрянного – М. : Колос, 1982. – 148 с.
3. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки. Практическое пособие. / Б. Эдер, Х. Шульц – Zorg Biogas, 2008.
4. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии./ А. Г. Касаткин – М. : Госхимиздат, 1961.
5. Франк- Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике./ Д.А. Франк- Каменецкий – М.: Наука, 1987.- 502с.

УДК 636.084(075.8):532.528

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЗМОВ ДИСКРЕТНО-ИМПУЛЬСНОГО ВВОДА ЭНЕРГИИ (ДИВЭ) НА ДИСПЕРГИРОВАНИЕ КРАХМАЛСОДЕРЖАЩИХ СРЕД В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОМ АППАРАТЕ

Ободович А.Н., доктор технических наук; Лымарь А.Ю., аспирант
Институт технической теплофизики НАН Украины, г.Киев

На сегодняшний день метод ДИВЭ нашел широкое применение в различных химико-технологических процессах. С его помощью интенсифицируют теплотехнологии связанные с перемешиванием, гомогенизацией, эмульгированием, диспергированием, теплообменом и т.д. Приведенные данные в статье представляют собой анализ исследования воздействия механизмов дискретно-импульсного ввода энергии на диспергирование крахмалосодержащих сред. Показано, что все они в отдельности и вместе взятые оказывают действие на указанный процесс. Предлагаемый способ диспергирования данных сред может быть использован в технологии приготовления жидких кормов для сельскохозяйственных животных.

The method of discretely pulse energy input has been widely used in various chemical processes on today. With its help we can intensify the heat technologies linked with mixing, homogenizing, emulsifying, dispersing, heat and mass transfer, etc. The data presented in the article is an analysis study on the impact mechanisms of discrete input pulse energy dispersion of starch media. It is shown that all of them individually and collectively have an effect on this process. The proposed method of dispersing these media can be used in the preparation technology of liquid feed for farm animals.

Ключевые слова: роторно-пульсационный аппарат (РПА), метод дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ), диспергирование, крахмалосодержащие среды.

В технологиях приготовления жидких кормов для животных основной стадией является измельчение. [1,2]. В данной статье дан анализ исследования механизмов дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ) при диспергировании крахмалосодержащих сред с помощью роторно-пульсационного аппарата (РПА) [3]. Поскольку, к крахмалосодержащим средам относятся практически все сельскохозяйственные

зерновые культуры, в качестве обрабатываемого сырья использовалось зерновая смесь: кукуруза, пшеница, ячмень, рожь, горох.

Важным фактором при откорме сельскохозяйственных животных является не только выбор компонентов кормов, но и их подготовка к скармливанию. Чем тоньше помол, тем больше площадь их общей поверхности и тем лучше взаимодействие с пищеварительными ферментами.

Целью данной работы является исследования механизмов ДИВЭ на диспергирование крахмалосодержащей среды.

На диспергирование крахмалосодержащей среды в РПА оказывает влияние ряд факторов: угловая скорость вращения ротора, скорость потока среды, зазор между ротором и статором, частота пульсаций, количество циклов обработки и т.д. В данной статье представлено влияние каждого из вышеперечисленных показателей на изменение среднеповерхностного размера частиц исследуемой среды.

На первом этапе экспериментов изменяли угловую скорость вращения ротора и количество циклов обработки. Угловую скорость вращения ротора, зависящую от частоты оборота вала двигателя, меняли с помощью частотного преобразователя. В таблице показана зависимость изменения среднеповерхностного размера частиц обрабатываемой среды от угловой скорости вращения ротора и количества циклов обработки исследуемой смеси. Зазор между статором и ротором составляет 500 мкм.

Таблица 1 – Зависимость среднеповерхностного размера частиц водозерновой смеси от угловой скорости и количества циклов обработки

| № | Измеряемые показатели | | |
|---|-----------------------|--------------------------|---|
| | Кол-во циклов, ед. | Угловая скорость, рад/с. | Среднеповерхностный размер частиц, мкм. |
| 1 | 3 | 180 | 700 |
| 2 | 5 | | 570 |
| 3 | 10 | | 500 |
| 4 | 20 | | 420 |
| 5 | 30 | | 350 |
| 1 | 3 | 300 | 660 |
| 2 | 5 | | 510 |
| 3 | 10 | | 400 |
| 4 | 20 | | 310 |
| 5 | 30 | | 260 |
| 1 | 3 | 420 | 640 |
| 2 | 5 | | 480 |
| 3 | 10 | | 390 |
| 4 | 20 | | 280 |
| 5 | 30 | | 220 |

Данные таблицы позволяют сделать вывод о том, что с увеличением количества циклов обработки и угловой скорости, среднеповерхностный размер диспергируемого сырья уменьшается. Для получения полноценных кормов, размер частиц сырья не должен превышать 300 мкм. Поэтому диспергирование водозерновой смеси следует проводить при угловой скорости 300 рад/с за 20-30 циклов обработки.

В дальнейших исследованиях изучали влияние величины зазора между статором и ротором на процесс диспергирования исследуемой смеси. Угловая скорость была неизменной и составляла 300 рад/с.

Кривые, представлены на рисунке, показывают, что с уменьшением зазора между статором и ротором и увеличением количества циклов обработки среднеповерхностный размер частиц уменьшается. Наиболее оптимальными параметрами обработки среды для получения частиц с размером менее 300 мкм является зазор 500 мкм и 25-30 циклов обработки.

Таким образом, далее были исследованы два параметра обработки водозерновой среды в РПА: угловая скорость вращения ротора и зазор между статором и ротором. Два этих показателя связывает величина, которая называется скоростью сдвига потока среды – v (с-1) [4].

$$v = \frac{\omega \cdot 2\pi \cdot R}{\delta} \quad (1)$$

где, $\omega \cdot 2\pi \cdot R = v$

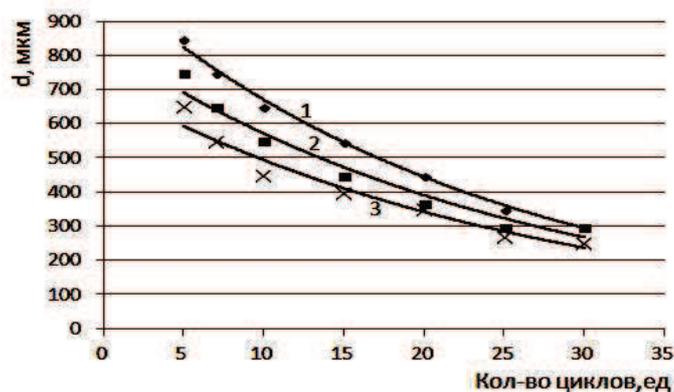


Рис. 1 – Зависимость среднеповерхностного размера частиц смеси от количества циклов обработки при разной величине зазора: 1 – 300 мкм; 2 – 500 мкм; 3 – 700 мкм

Величина скорости сдвига потока более полно характеризует процесс диспергирования водозернового сырья.

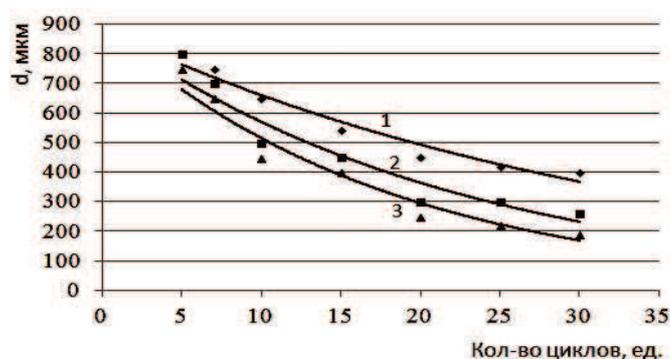


Рис. 2 – Зависимость среднеповерхностного размера частиц от количества циклов обработки при разных скоростях сдвига потока: 1 – 20·10³ с-1; 2 – 30·10³ с-1, 3 – 50·10³ с-1

Как видно с графика увеличение скорости сдвига потока обрабатываемой смеси существенно влияет на средний размер частиц и количество циклов ее обработки. Для достижения поставленной цели, чтобы все частицы данной смеси имели размер 300 мкм наиболее эффективно проводить обработку среды при скорости сдвига потока $30 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ за 20...25 циклов. Дальнейшее увеличение скорости сдвига потока до $50 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ не дает существенного изменения дисперсности, а ведет к дополнительным энергозатратам.

Также была изучена зависимость гранулометрического состава смеси от количества циклов обработки при скорости сдвига потока $30 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$. Согласно полученным результатам, исходная кормовая суспензия представлена частицами, с преобладающим размером менее 300 мкм.

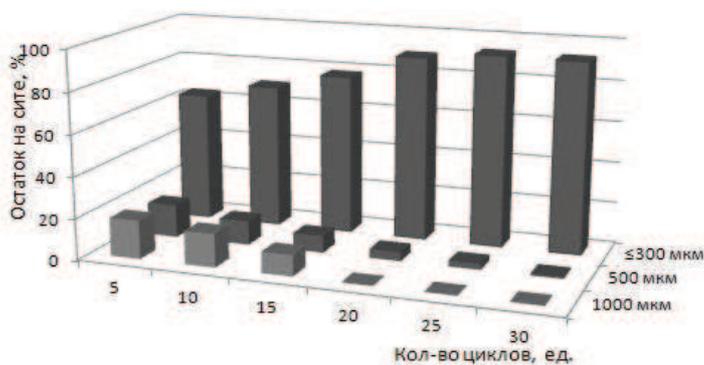


Рис. 3 – Зависимость гранулометрического состава смеси от количества циклов обработки при скорости сдвига потока $30 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$

Метод ДИВЭ реализуемый с помощью РПА характеризуется частотой пульсаций потока обрабатываемой среды. Частота пульсаций потока зависит от частоты вращения ротора и количества в нем отверстий. Для изучения влияния частоты пульсаций на среднеповерхностный размер диспергируемого сырья были проведены эксперименты и построены графические зависимости.

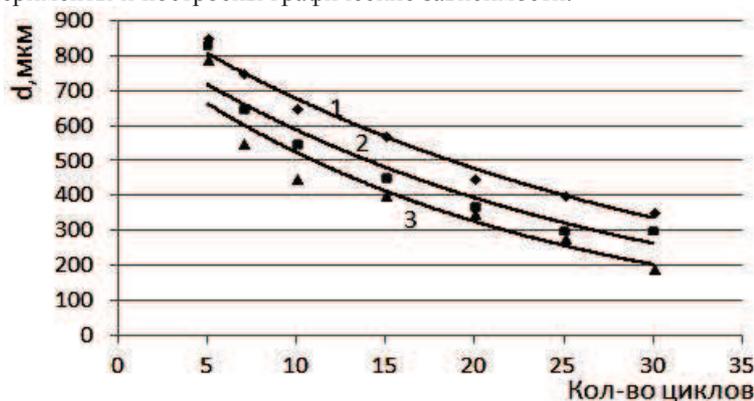


Рис. 4 – Зависимость среднеповерхностного размера частиц водозерновой смеси от количества циклов обработки при разной частоте пульсаций: 1 – 5 кГц; 2 – 3 кГц; 3 – 1 кГц

Обработку смеси проводили при зазоре 500 мкм. Установлено, что с увеличением частоты пульсаций и увеличением количества циклов обработки, среднеповерхностный размер частиц значительно уменьшается. Так при 30 циклах обработки и изменении частоты пульсаций от 1 до 5 кГц, среднеповерхностный размер частиц уменьшается от 330 до 180 мкм. С учетом необходимых требований к размеру менее 300 мкм обработку водозерновой смеси следует проводить за 20-30 циклов при частоте пульсаций 3 кГц.

В литературе [5] имеется сведения о том, что на процесс диспергирования оказывает влияние количество твердой фазы в обрабатываемой среде. Для изучения этого вопроса были проведены эксперименты по определению влияния количества твердой фазы на среднеповерхностный размер частиц. Количество твердой фазы в смеси составляло 10, 30, 50 %.

Исследования проводили при угловой скорости вращения ротора 300 рад/с, зазоре между ротором и статором – 500 мкм, частоте пульсаций – 3 кГц. Данные экспериментов представлены на рис. 5.

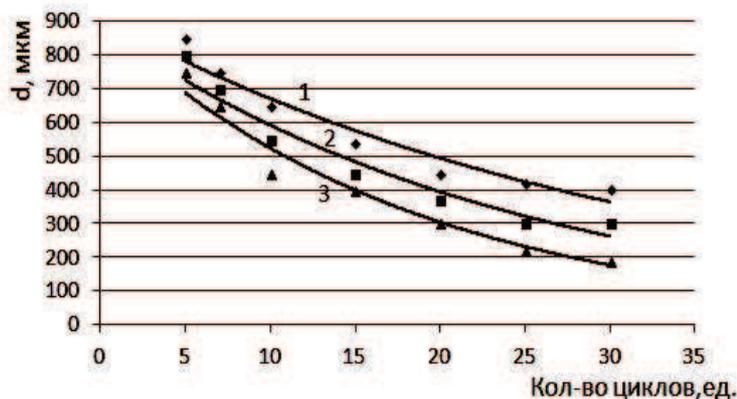


Рис. 5 – Зависимость среднеповерхностного размера частиц водозерновой смеси от количества циклов обработки при разном количестве твердой фазы: 1 – 10%; 2 – 30%; 3 – 50% .

Из графиков видно, что с увеличением количества твердой фазы и циклов обработки, среднеповерхностный размер частиц уменьшается. Наиболее эффективно обрабатывать водозерновую среду с содержанием твердой фазы 50 %. При этом после 20 циклов обработки все частицы имеют среднеповерхностный размер меньше 300 мкм. Это объясняется тем, что при обработке смеси ударные нагрузки возникают не только за счет контакта твердых частиц с рабочими поверхностями РПА, но и друг с другом. Чем больше твердой фазы в смеси, тем больше ударные нагрузки частиц друг с другом. Поэтому дальнейшие исследования проводили при содержании твердой фазы в смеси 50 %.

Выводы

Изучив влияние различных механизмов ДИВЭ на диспергирование водозерновой смеси, приходим к выводу, что все они в отдельности и вместе взятые оказывают действие на указанный процесс.

Среднеповерхностный размер частиц уменьшается с увеличением окружной скорости вращения ротора, радиальной скорости потока, скорости сдвига потока, частоты пульсаций, количества твердой фазы и уменьшением зазора статором и ротором. Наиболее эффективными параметрами диспергирования крахмалосодержащей среды в РПА для приготовления жидких кормов являются: содержание твердой фазы – 50 %, окружная скорость – 300 рад/с, скорость сдвига потока – $30 \cdot 10^3$ с-1, зазор – 500 мкм, частота пульсаций – 3 кГц.

Литература

1. Спосіб приготування рідких кормів для молодняка свиней: пат. 80151 Україна: МПК А23К 1/14, А23К 1/00 / Драганов Б.Х., Ободович О.М., Борхаленко Ю.О., Лимар А.Ю; заявник та патентоволодар Інститут технічної теплофізики НАН України. – № u 201214515, опубл. 13.05.2013, бюл. №9. – 4с.
2. Способ приготовления жидких кормов: пат. на полезную модель РФ 2366270., МПК А23 К 1/100, 10.09.09.
3. Долинский А.А. Метод дискретно-импульсного ввода энергии и его реализация: Монография / А.А. Долинский, А.Н. Ободович, Ю.А. Борхаленко. – Х.: Віровець А.П. «Апостроф» 2012. – 185 с.
4. Ободович А.Н. Совершенствование технологи приготовления суслу из крахмалосодержащего сырья в спиртовом производстве с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ) / Т.Л. Грабова, А.Р. Коба, // Промтеплотехника. – 2007. – Т. 29, № 4. – С. 59-63.
5. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика: Монография. М.: Машиностроение – 1, 2001.206 с.

УДК 66.021.001.57:56/59.004.18

ПРОЦЕССЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВОДЫ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

Бурдо О.Г., д-р техн. наук, профессор, Тришин Ф.А., канд. техн. наук, доцент, Трач А.Р.
Одесская национальная академия пищевых технологий

В работе рассмотрены перспективы и научно-технические противоречия низкотемпературных технологий водоподготовки. Приведена математическая формулировка задачи формирования блока льда. Показано, что время, затраченное на процесс водоподготовки, уменьшается при воздействии на систему кристалл-вода акустических полей. Рассмотрены математические модели кристаллизации в условиях ультразвукового поля. Проведен анализ задачи методами теории обобщенных переменных.

The article is headlined to prospects of low-temperature water treatment technologies, describes the available scientific and technical contradictions and the mathematical formulation of the problem. It is shown that the time taken to process water treatment, decreases when exposed to water-crystal system of acoustic fields and discussed mathematical models of such influence. The problem was analyzed using the theory of generalized variables.

Ключевые слова: водоподготовка, моделирование, энергоэффективность, блочное вымораживание, акустические интенсификаторы.

Вступлення. Общій об'єм води на Землі становить приблизно 1400 млн куб. км, з яких лише 2,5 %, то єсть приблизно 35 млн куб. км, приходить на прісну воду. Більша частина її запасів зосереджена в багаторічних льодах і снігах Антарктиди і Гренландії, а також в глибоких водоносних горизонтах. За даними ООН на початок 2000-х років більше 1,2 млрд. людей живуть в умовах постійного дефіциту прісної води, приблизно 2 млрд. страждають від нього регулярно. В 2030 г. 47 % світового населення будуть жити під загрозою водного дефіциту. Таким чином, проблема очищення води є однією з найважливіших для сучасного людини. Для її рішення Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВОЗ) була прийнята стратегія для управління якістю води в цілях охорони і зміцнення здоров'я людини [1].

Проблеми якості та очищення води затрагиваються в великому кількості спеціалізованої літератури. Основним сучасним методом отримання якісної води залишається її дистилляція [2 -6]. Разом з тим, все шире розповсюджуються нетрадиційні технології очищення води.

Перспективи низкотемпературних технологій водоподготовки. В наші часи зростає інтерес до холодильних технологій опреснення води. Серед таких технологій водоподготовки особливе місце