

УДК 536.423+532.528

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОДНО-СПИРТОВЫХ СМЕСЕЙ ПОЛУЧЕННЫХ
В УСЛОВИЯХ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ИМПУЛЬСОВ ДАВЛЕНИЯ

Ю. А. ШУРЧКОВА, И. А. ДУБОВКИНА

Отдел теплообмена в дисперсных системах, Институт технической теплофизики Национальной академии наук
Украины, г. Киев, УКРАИНА
*email: idubovkina@yandex.ru

АННОТАЦИЯ Представлены результаты исследований параметров водно-спиртовых смесей полученных в условиях знакопеременных импульсов давления. Исследованы различные температурные режимы и время обработки водно-спиртовых смесей в интервале концентраций 10-90% об. В результате проведенных исследований установлено, что водно-спиртовые смеси, полученные в условиях знакопеременных импульсов давления, содержат меньшее количество вредных примесей, растворенного кислорода, обладают улучшенными органолептическими свойствами, что свидетельствует об улучшенных физико-химических свойствах.

Ключевые слова: водно-спиртовые смеси, процесс смешивания, вредные примеси, дискретно-импульсное введение энергии, знакопеременные импульсы давления

RESEARCH PARAMETERS OF THE WATER-ETHANOL MIXTURE OBTAINED
UNDER CONDITIONS OF ALTERNATING IMPULSES OF PRESSURE

J.SHURCHKOVA, I.DUBOVKINA

Department of heat and mass exchange in disperse systems, Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine, Kiev,
UKRAINE

ABSTRACT The purpose of this work is study the impact of non-reagent method, namely alternating impulses of pressure on the parameters of water-ethanol mixtures in a wide range of concentrations. Object of research is hydrodynamic processes in the processing of water-ethanol mixtures using mechanisms of discrete-pulsed input of energy. Modular system for the study selected of water-ethanol mixtures in a broad range of concentrations. In this paper used the method of electrochemical potentiometric measurements, chromatographic studies to studies micro admixtures in water-ethanol mixtures. The results of studies of the parameters of water-ethanol mixtures obtained under alternating pressure pulses. We explore different process conditions and the processing of water-ethanol mixtures in a concentration range of 10-90%. That was the set, something happening reduction quantity of oxygen in the water-ethanol mixtures and slowing oxidation reactions. The studies found that water-ethanol mixtures obtained under alternating impulses of pressure comprise a minimal number of harmful impurities, dissolved oxygen, have improved organoleptic properties, which indicates improved physicochemical properties. Analysis of experimental data has shown that the use of alternating impulses of pressure in the production of water-ethanol mixtures in a wide range of concentrations produces a mixture with improved physical-chemical indicators. In the future plan to continue investigations of obtaining water-ethanol mixtures under alternating impulses of pressure, with use of various technological modes and parameters of the process, since the application of the method of discrete-pulsed input of energy is promising for use in industrial processes in various industries: food, chemical, cosmetic and pharmaceuticals.

Keywords: water-ethanol mixture, mixing process, harmful impurities, discrete-pulsed input of energy, alternating impulses of pressure

Введение

Одной из важных задач, которая представляет интерес для научного сообщества, является разработка инновационной продукции и технологий, отвечающим мировым стандартам. Актуальным для решения этой задачи является применение малозатратных способов, требующих незначительных инвестиций и позволяющих использовать имеющиеся резервы снижения удельного энергопотребления существующего оборудования за счет интенсификации технологических процессов.

Устойчивое развитие современных пищевых предприятий невозможно без внедрения

высокотехнологичных и энергоэффективных производственных процессов.

Интенсивное развитие современных технологий приводит к поиску нетрадиционных методов и способов обработки жидких систем.

Для улучшенного качества и безопасности получаемых продуктов преимущества имеют технологии обработки с использованием безреагентных физических методов воздействий и влияний [1]. Применение различных физических воздействий позволяет значительно интенсифицировать технологические процессы и получать результаты, которых невозможно достигнуть при традиционной обработке [2].

К традиционным физическим методам обработки в технологии производства и получения жидких смесей относят смешивание, отстаивание, фильтрацию.

Нетрадиционными методами можно назвать электрофизические, акустические, метод наложения магнитных полей, центробежных сил, знакопеременных импульсов давления.

К электрофизическим методам обработки относятся:

- обработка инфракрасным излучением;
- обработка переменным электрическим током;
- обработка в электростатическом поле;
- электроконтактная обработка;
- высокочастотная и сверхвысокочастотная обработка (СВЧ).

Электрофизические методы подразумевают воздействие на объекты переменным электрическим током различной частоты и электрическими импульсами определенной частоты. В технологиях получения и пастеризации водных систем применяют пульсирующее электрическое поле, а для увеличения срока хранения такие системы обрабатывают полем высокого напряжения [3, 4].

К акустическим методам обработки, которые применяются для водных систем, относят обработку с использованием ультразвуковых и звуковых колебаний. Ультразвуковые волны обладают большой энергией и легко распространяются в жидких средах. Обработка ультразвуком может инициировать распад высокомолекулярных соединений, образование свободных радикалов, инактивировать микроорганизмы.

При таком способе обработки может возникать акустическая кавитация, вызывающая интенсивное перемешивание, переменное движение частиц, интенсификацию массообменных процессов [5]. Наиболее характерным следствием обработки бинарных систем ультразвуком является изменение их структурной организации на молекулярном уровне [6]. В результате кавитационной обработки вода приобретает ряд свойств, определяемых процессами конденсации электронов и изменениями структурных и энергетических состояний ассоциированной фазы воды.

Кавитационная обработка воды приводит к активации воды с уменьшением значений окислительно-восстановительного потенциала, увеличению концентрации биологически активных пероксидных ион-радикалов, увеличению электропроводимости воды по сравнению с необработанной водой [7].

Магнитная обработка воды – это воздействие на воду постоянным магнитным полем. Цель магнитной обработки воды заключается в придании ей новых физико-химических свойств. Поскольку молекула воды это элементарный диполь, который имеет положительно заряженный и отрицательно заряженный полюс. Под действием сил взаимного

притяжения и отталкивания, а также образования водородных связей молекулы воды – диполи способны к ассоциации и образованию клатратных структур. Действие сил взаимного притяжения довольно мало, поэтому диполи могут свободно перемещаться в кластере и примыкать к другим кластерам и т.д. При наложении магнитного поля диполи попадают в резонанс, и кластерная структура молекул воды разрушается.

Вода, полученная при магнитной обработке, может сохранять свои свойства от 10-12 часов до нескольких суток.

Метод дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ) – один из современных перспективных методов безреагентной обработки, разработанный в Институте технической теплофизики НАН Украины. Основным его преимуществом является простота используемого оборудования, энергоэффективность. При помощи метода ДИВЭ можно интенсифицировать физико-химические превращения, инициировать окислительно-восстановительные процессы, процессы ионизации, высвобождение радикалов, что в свою очередь приводит к изменению физико-химических параметров водных систем [8]. При использовании оборудования, реализующего основную концепцию этого метода, воздействие на обрабатываемые и смешиваемые компоненты происходит с наложением центробежных сил и знакопеременных импульсов давления. В свою очередь это позволяет направленно изменять физико-химические параметры получаемого продукта: разрушать макромолекулы, активизировать процессы гидратации, образования водородных связей, явлений самоассоциации и другие эффекты. Следует отметить, что не все вопросы применения знакопеременных импульсов давления для обработки водных и бинарных систем достаточно изучены.

Вода и спирт, достаточно сложные ассоциированные системы и чувствительны к малейшим энергетическим воздействиям.

Образование водно-спиртовых смесей представляет собой процесс смешивания воды и спирта. При смешивании спирта с водой выделяется теплота, обусловленная образованием водородных связей смешанных ассоциатов – водно-спиртовых смесей с образованием кристаллогидратов.

Межмолекулярные связи в водно-спиртовых растворах носят сложный характер [9].

В чистой воде и в разбавленных растворах существует непрерывная трехмерная сетка водородных связей, это подтверждается многими исследованиями и численными экспериментами [10, 11].

В последнее время стало ясно, что водородная связь принципиально ничем не отличается от любой другой химической связи и определяется набором взаимодействий ядер и оболочек, участвующих в связи атомов.

Небольшая, по сравнению с химической, энергия водородной связи, обусловлена относительно большим расстоянием $\text{OH}\cdots\text{O}$ и малой электронной плотностью у атома водорода и, соответственно, эффектов, с нею связанных: перенос заряда, поляризация и др.

В водно-спиртовых смесях содержатся вредные микропримеси, которые являются токсичными веществами и растворенный кислород. От количества микропримесей: альдегидов, высших спиртов, метанола, зависит качество водно-спиртовых смесей и их органолептические свойства. Чем меньше содержание микропримесей, тем выше качество водно-спиртовых смесей и, соответственно, качество готового продукта, в состав которого эти смеси входят.

Цель работы

Цель настоящей работы – исследование влияния безреагентного метода, а именно знакопеременных импульсов давления при смешивании воды и спирта, на параметры водно-спиртовых смесей в широком диапазоне концентраций.

Изложение основного материала

Ранее проводились исследования по изучению влияния метода дискретно-импульсного ввода энергии на свойства воды и водных систем [12]. Для продолжения проведения исследований исполь-

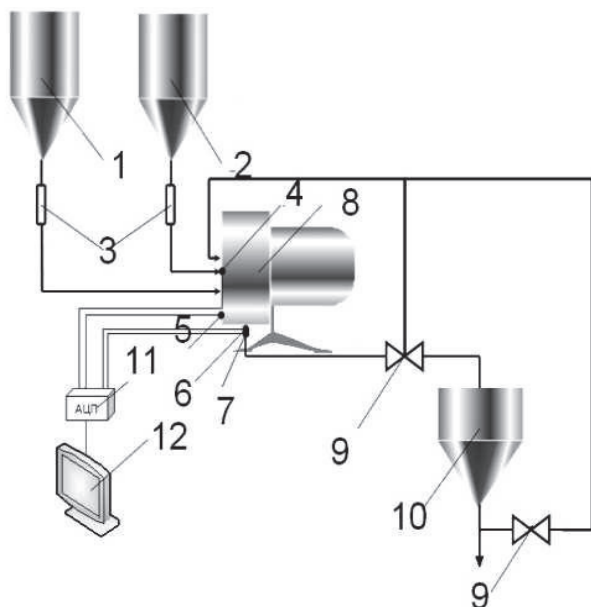


Рис. 1 – Экспериментальный стенд для получения водно-спиртовых смесей: 1 – ёмкость для спирта; 2 – ёмкость для воды; 3 – ротаметры; 4 – термодатчики; 5 – преобразователь давления; 6 – термодатчик; 7 – преобразователь давления; 8 – РПА; 9 – вентиль; 10 – ёмкость с готовой водно-спиртовой смесью; 11 – аналого-цифровой преобразователь; 12 – ПК;

зовался экспериментальный стенд, созданный в ИТТФ НАН Украины (рис.1) [13].

Основным рабочим узлом данного стенда является роторно-пульсационный аппарат, в котором создаются условия знакопеременных импульсов давлений, $\Delta P = 250$ кПа.

Во время проведения экспериментальных исследований варьировалось время обработки 0,5-300 с, температура исходных компонентов 10-20 °С, а также объемная концентрация полученных водно-спиртовых смесей. Интервал варьирования концентрации составлял 10-90% об.

Для проведения исследований количества растворенного кислорода в водных и водно-спиртовых смесях использовался электрохимический метод определения концентрации растворенного кислорода.

Исследование количества вредных микропримесей: альдегидов, высших спиртов, метанола в водно-спиртовых смесях проводилось методом газовой хроматографии.

Обсуждение результатов

Проведение процесса смешивания воды и спирта в условиях знакопеременных импульсов давления происходит мгновенно, непосредственно в рабочей зоне роторно-пульсационного аппарата, что позволяет проводить этот процесс непрерывным способом.

В результате проведенных исследований были получены водно-спиртовые смеси в широком диапазоне концентраций (10-90% об.).

Контроль содержания кислорода в воде остаётся важной проблемой, поскольку кислород – это сильный окислитель, взаимодействующий практически со всеми элементами таблицы Менделеева

Растворенный в воде кислород, в виде молекул O_2 , оказывает влияние на окислительно-восстановительные реакции с участием катионов и анионов органических соединений. Поэтому при определении стабильности воды и ее органолептических качеств, наряду с измерением концентрации органических и неорганических веществ, водородного показателя, важно знать и концентрацию кислорода (в мг/л) в этой воде.

Количество растворенного в водно-спиртовых смесях кислорода влияет на изменение количества микропримесей, а именно способствует окислению молекул этанола до ацетальдегида, а также способствует окислению свободных радикалов, которые содержатся в спирте.

Результаты исследований количества растворенного кислорода приведены в таблице 1.

С повышением температуры растворимость кислорода в воде снижается.

Было установлено, что снижение количества растворенного кислорода по сравнению с исходным

содержанием происходит практически на 50-55%. Такие результаты свидетельствуют о том, что

Таблица 1 – Изменение количества растворенного кислорода.

N	Температура, °С	До обработки	После обработки
1	10	12,10	6,51
2	12	11,02	5,82
3	14	10,30	5,12
4	16	10,05	5,10
5	18	9,60	4,91
6	20	9,00	4,20

проведение процесса смешивания в условиях знакопеременных импульсов давления способно замедлить окислительные реакции в водно-спиртовых смесях.

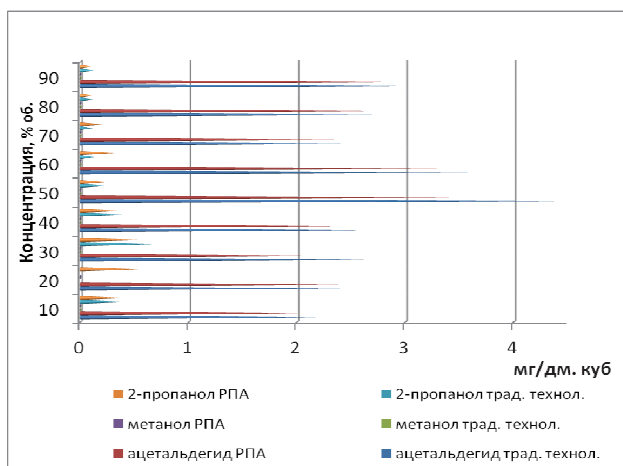


Рис. 2 – Зависимость количества: ацетальдегида, метанола, 2-пропанола в водно-спиртовых от способа получения, диапазон концентраций (10-90% об.)

В результате исследования количества вредных микропримесей было установлено, что при предлагаемом способе смешивании воды и спирта, происходит снижение содержания этих примесей рис. 2, что свидетельствует о повышении качества водно-спиртовых смесей, по сравнению с традиционным способом получения рис. 3.

При этом, чтобы воздействие было специфическим и целенаправленным, необходимо тщательно изучать влияние всех технологических параметров обработки на составляющие компоненты: воду, спирт и на конечные параметры водно-спиртовых смесей.

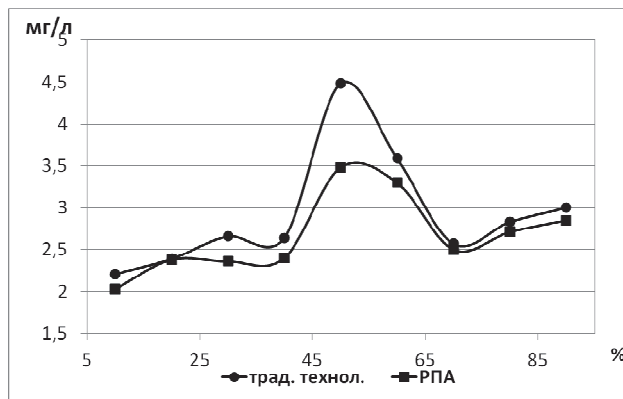


Рис. 3 – Зависимость количества микропримесей в водно-спиртовых смесях от способа получения, диапазон концентраций (10-90% об.)

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено, что предложенный метод обработки водных систем и смешивания воды и спирта может в значительной степени сократить продолжительность технологического процесса смешивания, снизить энергозатраты, увеличить производительность и заменить периодический способ смешивания на непрерывный.

Анализ экспериментальных данных показал, что использование знакопеременных импульсов давлений при получении водно-спиртовых смесей в широком диапазоне концентраций позволяет получать смеси с улучшенными физико-химическими показателями.

В дальнейшем планируется продолжить исследования получения водно-спиртовых смесей в условиях знакопеременных импульсов давлений, с применением различных технологических режимов и параметров проведения процесса, поскольку применение метода дискретно-импульсного ввода энергии перспективно для использования в технологических процессах различных отраслей промышленности: пищевой, химической, косметической, фармацевтической.

Список литературы

1. **Kretova, Y. I.** Modern Aspects of Technological Processes Modeling to Meet the Challenges of Increasing Energy and Resource Efficiency of Food Production / **Y. I. Kretova** . *Procedia Engineering*. – 2015. – V. 129. – P. 294 - 299.
2. **Слесаренко, И. Б.** Исследование ресурсо- и энергосберегающих технологий в пищевой промышленности / **И. Б. Слесаренко, В. В. Слесаренко** // *Фундаментальные исследования*. – 2008. – № 5. – С. 46 - 47.
3. **Морозов, О.** Промышленное применение СВЧ-нагрева / **О. Морозов** [и др.] // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес*. – 2010. – № 3. – 266 с.
4. **Бочаров, В. А.** Совершенствование элементов технологии сушки овощей: автореф. дис. ... канд. с.-х.

- наук : 05.18.01 / **В. А. Бочаров**. – Мичуринск-наукоград. – 2010. – 27 с.
- 5 **Paramjeet Khandpur** Evaluation of ultrasound based sterilization approaches in terms of shelf life and quality parameters of fruit and vegetable juices. / **Khandpur Paramjeet, Gogate Parag R.** // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2015. – Volume 29. – P. 337 - 353
 - 6 **Baharak Sajjadi** Influence of ultrasound power on acoustic streaming and micro-bubbles formations in a low frequency sono-reactor: Mathematical and 3D computational simulation / **Sajjadi Baharak, Abdul Aziz Abdul Raman, Ibrahim Shaliza** // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2015. – Volume 24. – P. 193 - 203.
 - 7 **Mahadevan, S.** High-Pressure Enhanced Infusion: Influence of Process Parameters / **S. Mahadevan, N. Nitin, D. Salvi, M. V. Karwe** // *Journal of Food Process Engineering*. – 2015. – V.38. – №6. – P. 601 - 612.
 - 8 **Долинский, А. А.** Наномасштабные эффекты при дискретно-импульсной трансформации энергии / **А. А. Долинский, Б. И. Басок** // *ИФЖ*. – 2005 – Т.78. – №1. – С. 15 - 23.
 - 9 **Asenbaum, A.**, Structural changes in ethanol–water mixtures: Ultrasonics, Brillouin scattering and molecular dynamics studies / **A. Asenbaum, C. Pruner, Emmerich Wilhelm, M. Mijakovic, L. Zoranic, F. Sokolic, B. Kezic, A. Perera** // *Vibrational Spectroscopy*. – 2012. – V. 60. – P. 102 - 106.
 - 10 **Mijaković, M.** Ethanol-water mixtures: ultrasonics, Brillouin scattering and molecular dynamics / **M. Mijaković, B. Kežić, L. Zoranić, F. Sokolić, A. Asenbaum, C. Pruner, Emmerich Wilhelm, A. Perera** // *Journal of Molecular Liquids*. – 2011. – V. 164. – Issues 1 - 2. – P. 66 - 73.
 - 11 **Marcin Rybicki** Influence of ions on molecular vibrations and hydrogen bonds in methanol–water mixtures: MD simulation study / **Marcin Rybicki, Ewa Hawlicka** // *Journal of Molecular Liquids*. – 2014. – V. 196. – P. 300 - 307.
 - 12 **Долинский, А. А.** Исследование влияния метода ДИВЭ на свойства воды / **А. А. Долинский, Ю. А. Шурчкова, И. А. Дубовкина** // *Международный НПЖ Керамика: наука и жизнь* – 2013. – №2 (20). – С. 4 - 6.
 - 13 **Долинский, А. А.**, Гидратация этанола с использованием механизмов дискретно-импульсного ввода энергии / **А. А. Долинский, Ю. А. Шурчкова, И. А. Дубовкина** // *Материалы VIII международной конференции «Проблемы промышленной теплотехники»*, 8-11 октября 2013 г., Киев - <http://ittf.kiev.ua/conference>.
 - Resource Efficiency of Food Production. Procedia Engineering**, 2015, **129**, 294 - 299.
 - 2 **Slesarenko, I. B., Slesarenko, V. V.** Issledovanie resurso - i ehnergosberegayushchih tekhnologij v pishchevoj promyshlennosti. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2008, **5**, 46 - 47.
 - 3 **Morozov, O.** [i dr.] Promyshlennoe primeneniye SVCH-nagreva. *EHlektronika: Nauka, Tekhnologiya, Biznes*, 2010, **3**, 266 p.
 - 4 **Bocharov, V. A.** Sovershenstvovanie ehlementov tekhnologii sushki ovoshchej : avtoref. dis. kand. s.-h. nauk: 05.18.01. – Michurinsk-naukograd, 2010, 27 s.
 - 5 **Paramjeet Khandpur, Gogate Parag R.** Evaluation of ultrasound based sterilization approaches in terms of shelf life and quality parameters of fruit and vegetable juices. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2015, **29**, 337 - 353.
 - 6 **Baharak Sajjadi, Abdul Aziz, Abdul Raman, Ibrahim Shaliza** Influence of ultrasound power on acoustic streaming and micro-bubbles formations in a low frequency sono-reactor: Mathematical and 3D computational simulation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2015, **24**, 193 - 203.
 - 7 **Mahadevan, S., Nitin, N., Salvi, D., Karwe, M. V.** High-Pressure Enhanced Infusion: Influence of Process Parameters. *Journal of Food Process Engineering*, 2015, **38**(6), 601 - 612.
 - 8 **Dolinskiy, A. A., Basok, B. I.** Nanomasshtabnye ehffekty pri diskretno-impul'snoj transformacii ehnergii. *IFZH*, 2005, **78**(1), 15 - 23.
 - 9 **Asenbaum, A., Pruner, C., Wilhelm Emmerich, Mijakovic, M., Zoranic, L., Sokolic, F., Kezic, B., Perera, A.** Structural changes in ethanol–water mixtures: Ultrasonics, Brillouin scattering and molecular dynamics studies. *Vibrational Spectroscopy*, 2012, **60**, 102 - 106.
 - 10 **Mijaković, M., Kežić, B., Zoranić, L., Sokolić, F., Asenbaum, A., Pruner, C., Wilhelm Emmerich, Perera, A.** Ethanol-water mixtures: ultrasonics, Brillouin scattering and molecular dynamics. *Journal of Molecular Liquids*, 2011, **164**(1-2), 66 - 73.
 - 11 **Marcin Rybicki, Hawlicka Ewa** Influence of ions on molecular vibrations and hydrogen bonds in methanol–water mixtures: MD simulation study. *Journal of Molecular Liquids*, 2014, **196**, 300 - 307.
 - 12 **Dolinskiy, A. A., Shurchkova, Yu. A., Dubovkina, I. A.** Issledovaniye vliyaniya metoda DIVE na svoystva vody. *Mezhdunarodnyy NPZh Keramika: nauka i zhizny*, 2013, **2**(20), 4 - 6.
 - 13 **Dolinskiy, A. A., Shurchkova, Yu. A., Dubovkina, I. A.** Gidratiaciya ehtanola s ispol'zovaniem mekhanizmov diskretno-impul'snogo vvoda ehnergii. *Materialy VIII mezhdunarodnoj konferencii «Problemy promyshlennoj teplotekhniki»*, 2013, Kiev [Web] <http://ittf.kiev.ua/conference>.

Bibliography (transliterated)

- 1 **Kretova, Y. I.** Modern Aspects of Technological Processes Modeling to Meet the Challenges of Increasing Energy and

Сведения об авторах (About authors)

Шурчкова Юлия Александровна – доктор технических наук, профессор, отдел тепломассобмена в дисперсных системах, Институт технической теплофизики НАН Украины, главный научный сотрудник, г. Киев, Украина; e-mail: ittf_tds@ukr.net

Shurchkova Juliya – Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Professor, Department of heat and mass exchange in disperse systems, Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine; e-mail: ittf_tds@ukr.net

Дубовкина Ирина Александровна – кандидат технических наук, с.н.с., отдел тепломассобмена в дисперсных системах, Институт технической теплофизики НАН Украины, старший научный сотрудник, г. Киев, Украина; e-mail: idubovkina@yandex.ru

Dubovkina Irina – Scientific Degree (Ph. D.), Associate Professor, Senior Scientist, Department of heat and mass exchange in disperse systems, Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine; e-mail: idubovkina@yandex.ru

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Шурчкова, Ю. А. Исследование параметров водно-спиртовых смесей полученных в условиях знакопеременных импульсов давления / **Ю. А. Шурчкова, И. А. Дубовкина** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 171 - 176. – ISSN 2079-5459.

Please cite this article as:

Shurchkova, J. Dubovkina, I. Research parameters of the water-ethanol mixture obtained under conditions of alternating impulses of pressure. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2015, **62** (1171), 171 - 176, ISSN 2079-5459.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Шурчкова, Ю. О. Дослідження параметрів водно-спиртових сумішей одержаних в умовах знакозмінних імпульсів тиску / **Ю. О. Шурчкова, І. О. Дубовкіна** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 171 - 176. – ISSN 2079-5459.

АНОТАЦІЯ Наведені результати досліджень властивостей водно-спиртових сумішей, які були одержані в умовах знакозмінних імпульсів тиску. Досліджені різні температурні режими одержання і час оброблення водно-спиртових сумішей в інтервалі концентрацій 10-90% об. В результаті проведених досліджень було встановлено, що водно-спиртові суміші, які були одержані в умовах знакозмінних імпульсів тиску містять меншу кількість шкідливих домішок, розчиненого кисню та мають покращені органолептичні властивості, що свідчить про покращені фізико-хімічні параметри.

Ключові слова: водно-спиртові суміші, процес змішування, шкідливі домішки, дискретно-імпульсне введення енергії, знакозмінні імпульси тиску

Поступила (received) 08.12.2015