

**Саснко Сергій Юрійович**, канд. техн. наук, доц., кафедра підготовки та перепідготовки фахівців холодильної та торговельної галузей, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-88; e-mail: saeserg@gmail.com.

**Саенко Сергей Юрьевич**, канд. техн. наук, доц., кафедра підготовки та перепідготовки спеціалістів холодильної та торгової отрасли, Харьковський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-88; e-mail: saeserg@gmail.com.

**Saienko Sergey**, PhD in Technical Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, PhD), Department of Training and Retraining of Refrigeration and Trade Specialists, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-88; e-mail: saeserg@gmail.com.

DOI: 10.5281/zenodo.3263735

УДК 637.2.225

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ВЕРШКОВОГО МАСЛА З МЕТОЮ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАСЛОВИГОТІВНИКІВ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ**

**В.М. Михайлов, А.О. Шевченко, І.Г. Бабанов, О.І. Бабанова**

*Досліджено процес виробництва вершкового масла для поліпшення його якості й забезпечення рівномірного розподілення вершків під час оброблення по всьому об'єму робочої ємності масловиготівника та отримання ефективного контакту робочих органів по всій поверхні оброблюваного продукту. На основі результатів дослідження створено фізичну модель у масштабі 1:5 та проведено моделювання процесу оброблення вершків. Аналітично обґрунтовано процес збивання вершків жирністю 35% та на основі комп'ютерного моделювання вдосконалено конструкцію масловиготівника періодичної дії.*

**Ключові слова:** перетворення вершків, масловиготівник, робоча ємність, моделювання процесу.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА С ЦЕЛЬЮ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛЕЙ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ**

**В.М. Михайлов, А.А. Шевченко, И.Г. Бабанов, Е.И. Бабанова**

*Исследован процесс производства сливочного масла для улучшения его качества и обеспечения равномерного распределения сливок при обработке по всему объему рабочей емкости маслоизготовителя и получения эффективного контакта рабочих органов по всей поверхности обрабатываемого продукта. На основе результатов исследования создана физическая модель в масштабе 1:5 и проведено моделирование процесса обработки сливок. Аналитически обоснован процесс взбивания сливок жирностью 35% и на основе компьютерного моделирования усовершенствована конструкция маслоизготовителя периодического действия.*

**Ключевые слова:** преобразование сливок, маслоизготовитель, рабочая емкость, моделирование процесса.

## **INVESTIGATION OF BUTTER PRODUCTION PROCESS FOR THE IMPROVEMENT OF PERIODIC BUTTER MANUFACTURERS**

**V. Mikhaylov, A. Shevchenko, I. Babanov, E. Babanova**

*The rationale for choosing one of the methods for making butter depends on a number of factors, among which are: raw materials, production, financial capacity of the enterprise, availability of production areas, forecasted assortment of butter, market research of the market of sale, etc.*

*The advantage of machines of periodic action is the absence of a need for a constant and stable flow of cream in comparison with the makers of continuous action and oil formers. Ability to regulate the composition of butter and its properties and to obtain butter with high thermal resistance.*

*The process of production of butter to improve its quality and ensure the uniform distribution of cream during processing throughout the volume of the working capacity of the manufacturer and to obtain effective contact of the working bodies throughout the surface of the processed product.*

*On the basis of conducted research, a physical model was created at scale 1:5 and a simulation of the cream processing process was conducted.*

*The analytical substantiation of the process of creaming up of cream with a fat content of 35% and on the basis of computer modeling of the improvement of the design of steelworkers of periodic action is carried out.*

*After the given design and technological parameters for the study, we use the software complex FlovVision, which allows an experimental study of the movement of the cream in the working capacity during the formation of oil grain.*

*In an improved machine, we propose the installation of eight rectangular metal guide plates fixed in the inner volume of the capacities along the entire length with the intensifying elements in the form of spheres fixed on metal ropes perpendicular to the guide plates.*

*Due to the installation of guide plates and elements in the form of spheres there is an intensive distribution of cream on the volume of working capacity, which excludes the formation of stagnant zones of the processed product, which allows to intensify the process of processing, improve the quality of the finished product and reduce energy costs.*

**Keywords:** *transformation of cream, mechanize, drum, process modeling.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Молочна промисловість є однією з найважливіших галузей агропромислового комплексу із забезпечення населення продуктами харчування. Вона є широко розгалуженою мережею переробних підприємств і включає такі напрями: цільномолочна продукція, виробництво масла та спредів, сироваріння, виробництво консервованих сухих та згущених молочних продуктів, виробництво морозива та продуктів дитячого харчування. Кожен із зазначених напрямів має специфічні риси.

Вершкове масло є продуктом, що має одну з найбільших харчових цінностей. Крім того, воно використовується в інших галузях, зокрема кондитерській та хлібопекарській.

Вершкове масло виробляють не тільки на великих підприємствах, а й на підприємствах малої потужності, які не можуть забезпечити постійний потік вершків та використовувати обладнання безперервної дії. На таких підприємствах доцільним є використання технологічного обладнання періодичної дії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для виготовлення вершкового масла використовують таке обладнання:

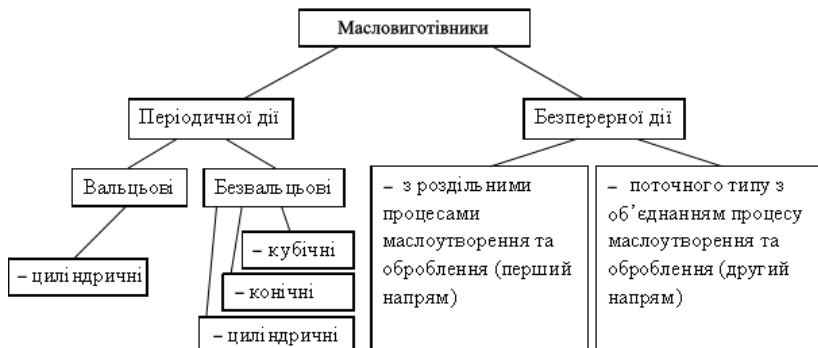
– *обладнання для попереднього оброблення вершків* (апарати для заквашування, ванни для дозрівання вершків, дезодоратори);

– *масловиготівники* (періодичної дії: циліндричні, конусні, грушоподібні, зрізані, кубічної форми; безперервної дії);

– *маслоутворювачі* (циліндричні, пластинчаті та вакуумні);

– *обладнання для додаткового оброблення виготовленого масла перед його фасуванням для підвищення стійкості під час зберігання* (пластифікатори-текстуратори – для забезпечення рівномірного розподілення вологи в маслі; обладнання для перетоплення масла).

Класифікацію масловиготівників наведено на рис. 1.



**Рис. 1. Класифікація масловиготівників**

Обґрунтування вибору одного з методів вироблення вершкового масла залежить від низки чинників, серед них сировинні ресурси, виробнича, фінансова спроможність підприємства, наявність виробничих площ, прогнозований асортимент вершкового масла, маркетингові дослідження ринку збуту тощо. На молокопереробних підприємствах для виготовлення вершкового масла застосовують масловиготівники періодичної дії різної конструкції, але з однаковим принципом роботи.

Перевагою масловиготівників періодичної дії є: відсутність необхідності постійного і стабільного потоку вершків порівняно з масловиготівниками безперервної дії та масло утворювачами, можливість регулювання складу вершкового масла і його властивостей та отримання вершкового масла з високою термостійкістю.

Основним недоліком масловиготівників періодичної дії є невелика продуктивність. Під час оброблення не забезпечується повною мірою коливальний режим руху вершків через утворення застійних зон, завдяки чому вплив на оброблюваний продукт є незначним. Це призводить до зниження інтенсивності перетворення вершків і продуктивності масловиготівника загалом [1].

**Метою статті** є проведення досліджень із підвищення продуктивності масловиготівника періодичної дії та вдосконалення його конструкції. Основним завданням дослідження є аналітичне обґрунтування процесу збивання вершків жирністю 35% та на основі проведеного комп'ютерного моделювання вдосконалення конструкції масловиготівника періодичної дії.

**Вклад основного матеріалу дослідження.** Принцип дії промислових масловиготівників періодичної дії такий: у робочу сміть масловиготівника завантажують вершки (на 30–40% об'єму),

вмикають привідний механізм і робоча ємність починає рухатися. Під час оброблення відбувається механічний вплив на вершки за рахунок установлених у ємність робочих органів. Під час оброблення відбувається утворення масляного зерна.

Для дослідження перетворення вершків у масляне зерно та утворення пласта масла нами запропоновано циліндричний масловиготівник періодичної дії з частотою обертання робочої ємності 25...30 об/хв. Після заданих конструктивних та технологічних параметрів для дослідження використовували програмний комплекс FlovVision, який дозволяє провести експериментальне дослідження переміщення вершків у робочій ємності під час утворення масляного зерна.

Основою дослідження є завдання інтенсифікації процесу перетворення вершків, поліпшення якості готового продукту, забезпечення рівномірного розподілу вершків та отримання ефективного контакту по всьому об'єму робочої ємності.

Промисловий масловиготівник періодичної дії складається з робочої ємності циліндричної форми, горизонтально встановленої на рамі, що обертається навколо власної осі, та привідного механізму, змонтованого на станині [2].

На основі проведених аналітичних досліджень створено фізичну модель удосконаленого масловиготівника періодичної дії в масштабі 1:5 (рис. 2). Нами запропоновано встановити всередину ємності закріплені металеві напрямні пластини прямокутної форми по всій довжині з інтенсифікуючими елементами у формі сфер, закріплених на металевих тросах перпендикулярно напрямним пластинам.

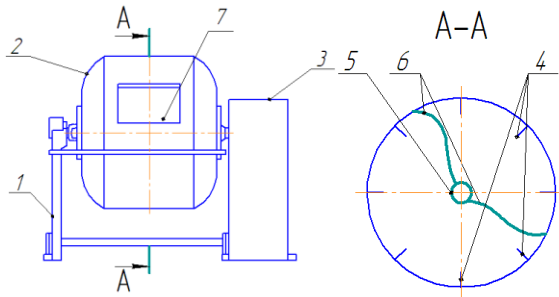


**Рис. 2. Фізична модель масловиготівника**

Завдяки встановленню напрямних пластин та елементів у формі сфер відбувається інтенсивне розподілення вершків по всьому об'єму

робочої ємності, що виключає утворення застійних зон оброблюваного продукту. Це дозволяє інтенсифікувати оброблення, поліпшити якість готового продукту та знизити енерговитрати.

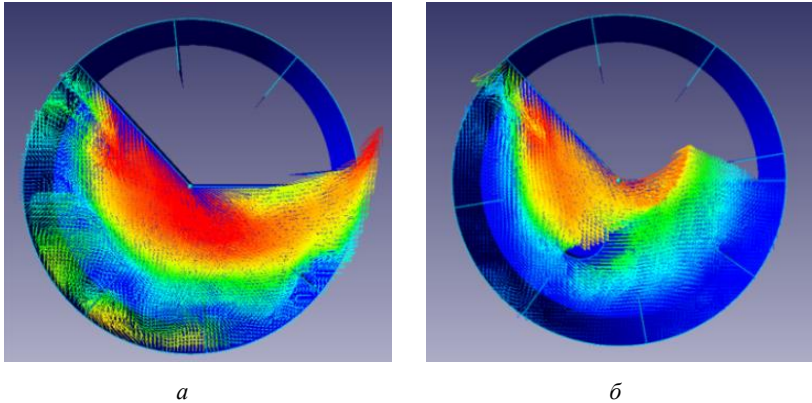
На рис. 3 зображено масловиготівник після вдосконалення [3; 4]. Він включає раму 1, на якій установлена циліндрична ємність 2 з люком 7 і привідний механізм 3. У середині робочої ємності встановлені напрямні пластини 4 з елементами сферичної форми 5, які закріплені на тросах 6.



**Рис. 3. Схема конструкції вдосконаленого масловиготівника**

Масловиготівник працює таким чином. Через відкритий люк 7 верхки завантажують у циліндричну ємність 2 на 30–40% її об'єму, після чого люк 7 закривають. У разі вмикання приводу 3 приводиться в обертання робоча ємність 2. При цьому напрямними пластинами 4 потік верхків подається на елементи 5 у формі сфер, закріплених на тросах 6, де частинки верхків рухаються з різними лінійними швидкостями. Різниця швидкостей частинок верхків сприяє їх інтенсивній турбулізації та прискорює утворення масляного зерна, унаслідок чого зменшується час збивання оброблюваної сировини, завдяки чому підвищується продуктивність масловиготівника. Процес утворення масляного зерна контролюється візуально. По закінченні технологічного процесу масляний пласт вивантажують.

На рис. 4а зображено модель розподілу верхків у промисловому масловиготівнику. Найбільше коливання швидкості спостерігається ближче до середини робочої ємності. На периферії внутрішньої поверхні ємності розподілення швидкості найменші, що призводить до утворення застійних зон і нерівномірного утворення масляного зерна.



**Рис. 4. Модель розподілу вершків: а – у промисловому масловиготівнику; б – у вдосконаленому масловиготівнику**

На рис. 4б зображено розподіл вершків у масловиготівнику після вдосконалення. Нами доведено, що після встановлення додаткових елементів у формі напрямних та сфер збільшується турбулентність по токів, що підвищує швидкість збивання вершків [5].

Масив даних, що отримані за результатами дослідження утворення масляного зерна в масловиготівнику до вдосконалення (режим 1) та після вдосконалення (режим 2), наведено в таблиці 1.

На основі отриманих середніх значень показників побудовано порівняльні діаграми виходу продукції та часу утворення масляного зерна (рис. 5).

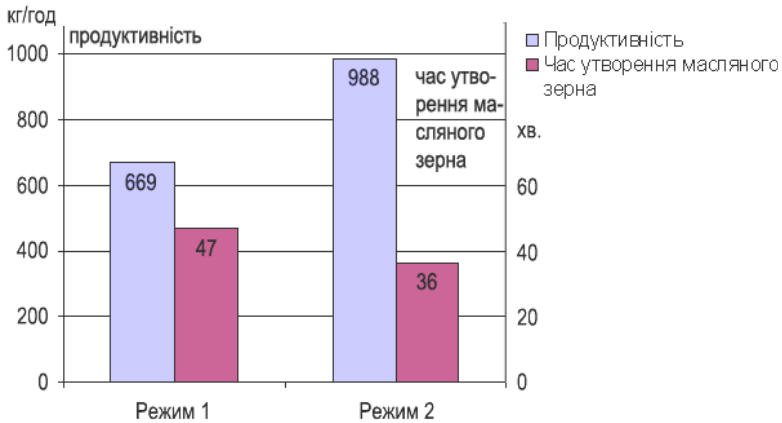
Таблиця 1

**Технологічні параметри утворення масляного зерна в масловиготівнику**

Найменування дослідів	Температура, °С		Жирність вершків, %	Час утворення масляного зерна, хв	Продуктивність, кг/год
	вершків до збивання	масляного пласта			
1	2	3	4	5	6
Режим 1					
Дослід 1	15	15	37	47	667
Дослід 2	13	17	33	50	672
Дослід 3	14	16	35	45	669
Дослід 4	14	15	36	46	668
Дослід 5	15	17	35	47	667
<b>Середній показник</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>35</b>	<b>47</b>	<b>669</b>

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6
Режим 2					
Дослід 6	15	17	37	33	990
Дослід 7	13	16	33	40	985
Дослід 8	14	15	35	35	988
Дослід 9	14	16	36	34	989
Дослід 10	15	17	35	36	987
<b>Середній показник</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>988</b>



**Рис. 6. Порівняльні діаграми виходу продукції та часу утворення масляного зерна: режим 1 – масловиготовлювачі до вдосконалення; режим 2 – масловиготовлювачі після вдосконалення**

Із порівняння діаграм випливає, що в масловиготівнику до вдосконалення процес перетворення вершків у масляне зерно триває в середньому 47 хв, у масловиготівнику після вдосконалення перетворення вершків у масляне зерно триває в середньому 36 хв. Тобто час оброблення зменшується, відповідно продуктивність масловиготівника збільшується приблизно на 31–33% від середнього значення 669 кг/год до значення 988 кг/год.

**Висновки.** Унаслідок дослідження процесу перетворення вершків у масляне зерно доведено, що в промислових масловиготівниках відбувається утворення застійних зон і відзначається нерівномірність утворення масляного зерна по об'єму робочої ємності. Запропоновано вдосконалену конструкцію масловиготівника періодичної дії за рахунок установлення додаткових напрямних і елементів сферичної форми в робочу ємність.



На підставі результатів дослідження доведено, що запропоноване вдосконалення масловиготівника періодичної дії приводить до підвищення продуктивності на 31–33%; зменшення технологічних витрат; зниження собівартості виробництва завдяки зменшенню енергетичних витрат на виробництво вершкового масла; підвищення якості готового продукту.

### Список джерел інформації /References

1. Вышемирский Ф. А. Масло из коровьего молока и комбинированное / Ф. А. Вышемирский. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 720 с.  
Vyishemirskiy, F. (2004), *Cow Milk Butter and Combined*, GIORD, Sankt-Peterburg, 720 p.
2. Технологічне обладнання галузі (Обладнання виробництв з перероблення молока) : курс лекцій для студ. ден. та заоч. форм навч. Ч. 2 / І. Бабанов, О. Гавва, О. Бабанова, І. Житнецький, С. Ястреба. – К. : НУХТ, 2017. – 620 с.  
Babanov, I., Havva, O., Babanova, O., Zhytnetskiy, I., Yastreba, S. (2017), *Technological equipment of the branch (Equipment of milk processing enterprises): The course of lectures for students of full-time and part-time forms of teaching*, NUHT, Kyiv, Part 2, 620 p.
3. Пат. 129766 Україна, МПК А23С15/00. Масловиготовлювач періодичної дії / Бабанов І. Г., Бабанова О. І., Закревський А. І. ; заявник Національний університет харчових технологій. – Заявл.15.05.2018 ; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21.  
Babanov, I., Babanova, O., Zakrevskiy, A., *Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii*. (2018), *Butter-apparatus of periodic action*, [Maslovigotovlyuvach periodichnoi dii], Ukraina, Pat. 129766.
4. Закревський А. Модернізація масловиготовлювача періодичної дії циліндричної форми / А. Закревський, І. Бабанов, О. Бабанова // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 84-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23–24 квітня 2018 р. – К. : НУХТ, 2018. – Ч. 2. – С. 52.  
Zakrevskiy, A., Babanov, I., Babanova, O. (2018), “Modernization of the machinist of periodic action of cylindrical form” [“Modernizaciya maslovigotovlyuvacha periodichnoi dii cilindrichnoi formi”], *Materialy 84 Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv “Naukovi zdobutky molodi – vyrishenniu problem kharchuvannia liudstva u XXI stolitti”*], NUHT, Kyiv, Part 2, P. 52.
5. Бабанов І. Г. Удосконалення обладнання для виробництва вершкового масла в масловиготовлювачі періодичної дії / І. Г. Бабанов, О. І. Бабанова, А. І. Закревський // Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності: Матеріали VII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 13 вересня 2018 р. – К. : НУХТ, 2018. – С. 96.

Babanov, I., Zakrevskiy, A., Babanova, O. (2018), "Improvement of equipment for the production of butter in the manufacturer of periodic action" ["Udoskonalennya obladnannya dlya virobnicztva vershkovogo masla v maslovigotovlyuvachi periodichnoi dii", *Resurso- ta enerhooshchadni tekhnolohii vyrobnytstva i pakuvannia kharchovoi produktsii – osnovni zasady yii konkurentozdatnosti: Materialy VII Mizhnarodnoi spetsializovanoi naukovopraktychnoi konferentsii*], NUHT, Kyiv. pp. 96.

**Михайлов Валерій Михайлович**, д-р техн. наук, проф., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

**Михайлов Валерий Михайлович**, д-р техн. наук, проф., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

**Mikhailov Valeriy**, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Department of Processes, Apparatus and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

**Шевченко Андрій Олександрович**, канд. техн. наук, доц., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 0999038476; e-mail: andshev.hduht@ukr.net.

**Шевченко Андрей Александрович**, канд. техн. наук, доц., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: 0999038476; e-mail: andshev.hduht@ukr.net.

**Shevchenko Andrey**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor Department of Processes, Apparatus and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: 0999038476; e-mail: andshev.hduht@ukr.net.

**Бабанов Ігор Геннадійович**, канд. техн. наук, доц., кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01033. Тел.: 0975776670; e-mail: igbabanov@ukr.net.

**Бабанов Игорь Геннадьевич**, канд. техн. наук, доц., кафедра машин и аппаратов пищевых и фармацевтических производств, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01033. Тел.: 0975776670; e-mail: igbabanov@ukr.net.

**Babanov Igor**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Machines and Apparatus for Food and Pharmaceutical Industries, National University of Food Technologies. Address: Volodymyrivska str., 68, Kyiv, Ukraine, 01033. Tel.: 0975776670; e-mail: igbabanov@ukr.net.

**Бабанова Олена Ігорівна**, асист., кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01033. Тел.: 0671244867; e-mail: petrikey1@ukr.net.

**Бабанова Елена Игоревна**, ассист., кафедра машин и аппаратов пищевых и фармацевтических производств, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01033. Тел.: 0671244867; e-mail: petrikey1@ukr.net.

**Babanova Elena**, Assistant Professor, Department of Machines and Apparatus for Food and Pharmaceutical Industries, National University of Food Technologies. Address: Volodymyrivska str., 68, Kyiv, Ukraine, 01033. Tel.: 0671244867; e-mail: petrikey1@ukr.net.

DOI: 10.5281/zenodo.3265522

УДК 532.5

## **МОДЕЛЬ ВНЕШНЕГО МАССООБМЕНА В СИСТЕМЕ КВАЗИПЛОСКИХ ЧАСТИЦ**

**Ю.А. Толчинский, Е.И. Литвиненко, В.Н. Соловей, И.В. Бабкина**

*Рассмотрен процесс внешнего массообмена между поверхностью частиц и жидкостью. Совокупность частиц образует слабоконсолидированное или неконсолидированное тело. Частицы имеют квазиплоскую форму. Величина отклонения формы частиц от идеально плоской порядка величины, равной толщине частицы. Частицы имеют на поверхности микромасштабную неоднородность формы. Поровое пространство, формируемое поверхностями частиц, состоит из каналов двух масштабов: больших и малых. Толщина больших каналов порядка толщины частицы. Толщина малых каналов порядка масштаба микрошероховатости. В такой двухфазной системе изучен процесс внешнего массообмена и определены его характеристики. Результаты работы могут использоваться в предпроектных расчетах режимов процессов экстрагирования в промышленных экстракторах пищевой и парфюмерно-косметической промышленности.*

**Ключевые слова:** экстрагирование, диффузия, квазиплоская форма, кинетика процесса, внешний массообмен, двухфазная система.