

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



ОДЕСА
2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- Єгоров**
Богдан Вікторович - голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
- Бурдо**
Олег Григорович - вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
- Атаманюк**
Володимир Михайлович – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
- Васильєв**
Леонард Леонідович – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор
- Гавва**
Олександр Миколайович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Гумницький**
Ярослав Михайлович – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
- Долинський**
Анатолій Андрійович –Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ
- Зав’ялов**
Владимир Леонідович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Керш**
Владимир Яковлевич – Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор
- Колтун**
Павло Семенович – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Корнієнко**
Ярослав Микитович – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Малежик**
Іван Федорович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Михайлов**
Валерій Михайлович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н, професор
- Паламарчук**
Ігор Павлович – Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор
- Снежкін**
Юрій Федорович –Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ
- Сорока**
Петро Гнатович – Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
- Тасімов**
Юрій Миколайович – Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Товажнянський**
Леонід Леонідович – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Ткаченко**
Станіслав Йосифович – Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
- Ульєв**
Леонід Михайлович – Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Черевко**
Олександр Іванович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**
Михайл Львович – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ РАСТВОРОВ В МИКРОВОЛНОВОМ ВАУМ- ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ

Бурдо О.Г., д-р техн.наук, профессор, Ружицкая Н. В., к. т. н.,
Резниченко Т. А., аспирант, Резниченко Д. Н., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

MODELING OF PROCESS OF FOOD SOLUTIONS CONCENTRATION IN MICROWAVE VACUUM EVAPORATOR

Bourdo O.G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Ruzhitskaya N.V., Ph.D.,
Reznichenko T. A., Postgraduate Student, Reznichenko D.N. Postgraduate Student
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa

Аннотация: В статье рассмотрены микроволновые технологии интенсификации процессов концентрирования экстрактов ароматических и биологически-активных веществ. Для интенсификации процесса вакуум-выпарки предлагается обеспечить равномерность подвода энергии и исключить промежуточный теплоноситель за счет использования микроволновых технологий. Это основано на том факте, что микроволны действуют в первую очередь на молекулы полярного растворителя, такого как вода. Использование микроволновых технологий может обеспечить объемный подвод энергии к продукту. Приведены результаты экспериментальных исследований концентрирования экстрактов *Stevia Rebaudiana*, кофе, растворов сахара и NaCl. Эксперименты проводились при давлении 0,009...0,011 МПа, температура процесса не превышала 50 °С. Установлено, что разница расходов конденсата для рассмотренных растворов незначительна. В качестве модельного раствора использовался раствор сахара. Показано влияние удельного энергоподвода, давления в аппарате, площади поверхности испарения на интенсивность процесса концентрирования пищевых продуктов на примере раствора сахара. Интенсивность процесса оценивалась по среднему расходу конденсата. Скорость протекания процессов выпаривания в условиях микроволнового подвода энергии определяется сложными взаимодействиями многих факторов, учет которых в одной универсальной для всех случаев модели невозможно. Методом анализа размерностей установлен общий вид критериального уравнения процесса. В общем виде на производительность аппарата по конденсату влияют количество микроволновой энергии, удельная теплота парообразования растворителя, который удаляется, плотность растворителя, площадь зеркала продукта в аппарате, уровень продукта в аппарате, объем продукта, давление в аппарате и окружающей среды. Число энергетического действия, которое устанавливает соотношение мощности микроволнового поля и энергии, которая необходима для перевода растворителя в пар, определяется безразмерным критерием площади и безразмерным давлением в аппарате. В результате обработки экспериментальных данных получены коэффициенты критериального уравнения.

Abstract: In current paper microwave technologies of flavor and biologically active substances extracts concentration intensification are considered. For vacuum evaporation process intensification it is offered to provide energy supply evenness and exclude intermediate heat medium by microwave technologies. It is based on the fact that microwave energy acts directly on molecules of polar solvent, such as water for most dry substances are transparent to radio waves. Use of microwave technology can provide volumetric energy supply to product. The results of experimental researches of coffee, *Stevia Rebaudiana* extracts and sugar and NaCl solutions concentration are given. Laboratory tests were executed at pressure 0,009...0,011 MPa and temperature about 50 °C. It is found out that difference between condensate rates for considered solutions is not essential. Sugar solution of 5% concentration was used as a model solution. The influence of specific energy supply, pressure in the apparatus, evaporation surface area on food products concentration process is shown on the example of sugar solution. The most essential influence on process rate is caused by energy supply and evaporation surface. Process intensity was estimated by condensate average rate. The rate of evaporation processes under microwave energy supply conditions is determined by complex interactions of various factors to

take into account which is difficult in one model suitable for all cases is impossible. General form of process criterion equation is established by the method of dimensional analysis. In general view microwave energy quantity, solvent specific heat of vaporization, solvent density, product mirror surface, product level in apparatus, product volume, pressure in apparatus and environment affect apparatus productivity. Energy action number which determines the ratio of microwave field power and energy that is necessary for solvent conversion to vapour, is determined by dimensionless surface criterion and dimensionless pressure in apparatus. As a result of experimental data processing the coefficients of criterion equation are received.

Ключевые слова: микроволновое поле, вакуум-выпарные аппараты, сахарные растворы, стевия.
Keywords: microwave field, vacuum evaporators, sugar solutions, stevia.

Процесс выпарки является ключевым в технологиях целого ряда пищевых продуктов. Известно, что теплопроводность пищевых продуктов (соки, экстракты) с увеличением содержания сухих веществ понижается. За счет этого в большинстве существующих выпарных аппаратов не обеспечивается равномерный подвод энергии к продукту, что ведет к его «пригоранию», т.е. термическому повреждению, а также снижает энергетическую эффективность процесса [1].

В то же время низкие температуры обработки не позволяют инактивировать всю патогенную микрофлору в продукте, что снижает сроки его хранения и вынуждает использовать консерванты. Ряд работ подтверждает эффективность низкотемпературной пастеризации и стерилизации пищевых продуктов в микроволновом поле [2]. Кроме того микроволновое поле, воздействуя на полярные молекулы сырья (вода, этанол и т.п.) инициируют особый бародиффузионный поток экстрактивных веществ из микро- и наноструктур сырья в экстрагент. За счет явления бародиффузии разрушаются

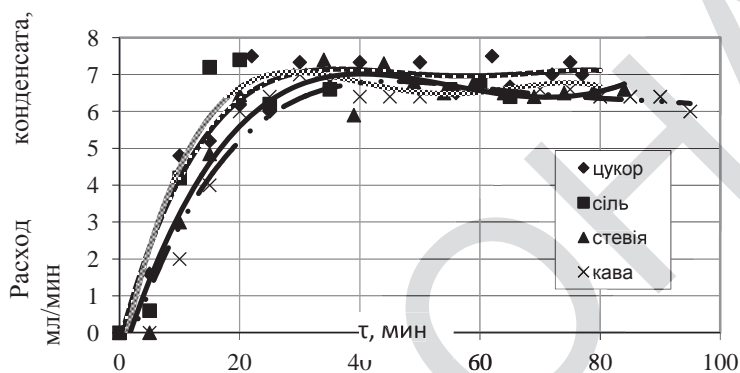


Рис. 1. Зависимость расхода конденсата от характера раствора

клеточные стенки сырья, а также турбулизуется пограничный слой [3].

При концентрировании выпариванием проблему равномерности подвода энергии также можно решить с использованием микроволновых технологий.

При микроволновом подводе энергия подводится непосредственно к молекулам воды в продукте, так как сухие вещества как правило радиопрозрачны. Очаги парообразования возникают во всем объеме и выполняют функцию греющей поверхности. Таким образом площадь поверхности теплообмена должна возрастать на порядки. Реализуется схема подвода энергии, показавшая высокую эффективность в технологиях сушки [4, 5].

Технологии микроволновой вакуум-выпарки были применены для концентрирования экстрактов стевии *Stevia Rebaudiana* – природного сахарозаменителя, кофейного экстракта, растворов сахара и NaCl (рис. 1). Эксперименты проводились при давлении 0,009...0,011 МПа, температура процесса не превышала 50 °С.

Как видно из графиков, разница расходов конденсата для рассмотренных растворов незначительна. Таким образом модельным раствором для изучения влияния на кинетику концентрирования таких факторов как давление в аппарате, удельный энергоподвод, площадь поверхности испарения в аппарате был выбран сахарный раствора начальной концентрацией 5 %.

Отмечено, что во всех опытах расход конденсата в течение 10...20 минут достигал постоянных значений, т.е. установка выходит на стационарный режим. Таким образом наглядно оценить влияние параметров процесса на интенсивность концентрирования можно введя понятие среднего расхода конденсата (рис. 2).

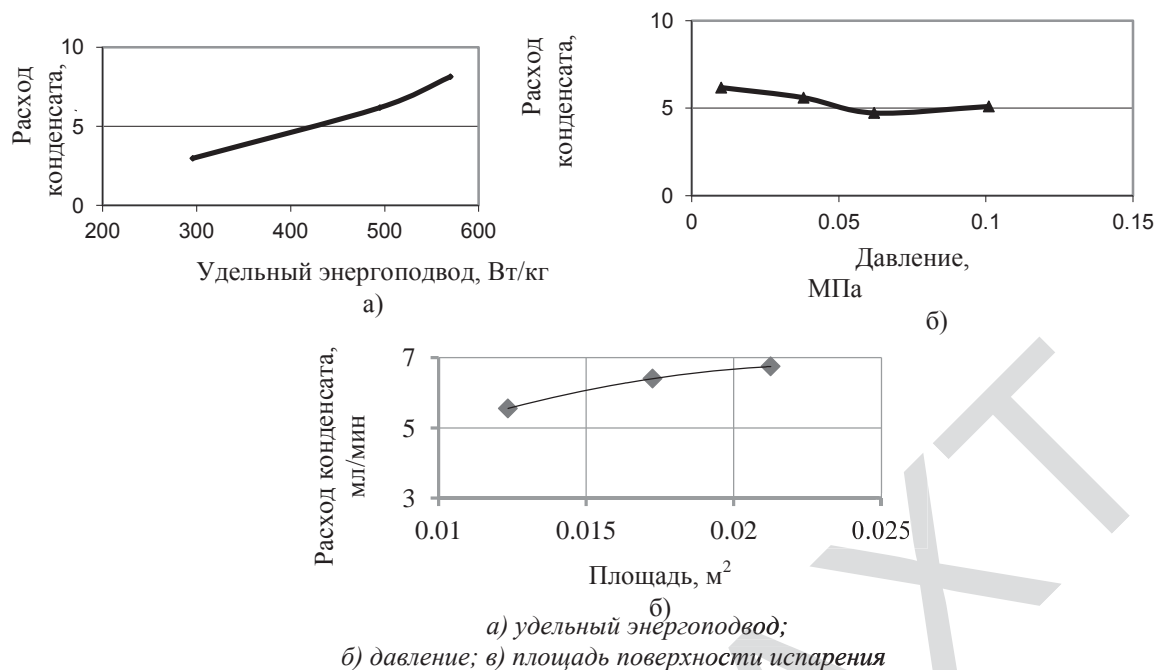


Рис. 2. Влияние параметров процесса на средний расход конденсата:

Исследование влияния удельного энергоподвода проводилось при давлении 0,009 МПа и площади зеркала 0,02 м². Изучение влияния давления в аппарате и площади поверхности испарения проводилось при удельном энергоподводе 495 Вт/кг. Установлено, что увеличение поверхности испарения при постоянном объеме продукта ведет к увеличению расхода конденсата.

Полученная база экспериментальных данных была использована для построения математической модели процесса.

Скорость протекания процессов выпаривания в условиях микроволнового подвода энергии определяется сложными взаимодействиями многих факторов, учесть которые в одной универсальной для всех случаев модели невозможно.

Получить структуру критериального уравнения для расчета микроволновых вакуум-выпарных аппаратов периодического действия можно методом анализа размерностей [6].

В общем виде на производительность аппарата по конденсату v влияют количество микроволновой энергии N , удельная теплота парообразования растворителя, который удаляется r , плотность растворителя ρ , площадь зеркала продукта в аппарате S , уровень продукта в аппарате h , объем продукта V_{np} , давление в аппарате и окружающей среды P и P_0 . Тогда получаем следующую зависимость в общем виде:

$$v = f(N, r, \rho, S, h, V_{np}, P, P_0). \quad (1)$$

Перечень параметров приведен в табл. 1. Все параметры состоят из трех основных размерностей: длины (м), массы (кг) и времени (с). Используя метод анализа размерностей можно функцию (1) заменить зависимостью между критериями подобия. Согласно π -теореме определяем количество безразмерных комплексов, которые описывают процесс. Поскольку число переменных $n = 9$, число единиц измерения $m = 3$, количество безразмерных комплексов, которые описывают процесс равняется $(n - m) = 6$.

Табл. 1. Список параметрів

Параметр	Символ	Розмірність
Производительность установки по конденсату	v	$M^3 \cdot c^{-1}$
Плотность растворителя	ρ	$кг \cdot M^{-3}$
Площадь поверхности продукта	S	M^2
Уровень продукта в аппарате	h	M
Давление в аппарате	P	$кг \cdot M^{-1} \cdot c^{-2}$
Базовое давление	P_0	$кг \cdot M^{-1} \cdot c^{-2}$
Мощность микроволнового поля	N	$кг \cdot M^2 \cdot c^{-3}$
Объем продукта	V_{np}	M^3
Удельная теплота парообразования растворителя	r	$M^2 \cdot c^{-2}$

Приведем функцию в степенном виде:

$$v = A N^a r^b \rho^c S^d h^e V_{np}^f P^g P_0^n. \quad (2)$$

Составляем уравнение размерностей:

$$\frac{M^3}{c} = \left(\frac{кг \cdot M^2}{c^3} \right)^a \cdot \left(\frac{M^2}{c^2} \right)^b \cdot \left(\frac{кг}{M^3} \right)^c \cdot (M^2)^d \cdot (M)^e \cdot (M^3)^f \cdot \left(\frac{кг}{M \cdot c^2} \right)^g \cdot \left(\frac{кг}{M \cdot c^2} \right)^n \quad (3)$$

Составляем матрицу размерностей для уравнения (2):

Таблица 2. Матрица размерностей

	a	b	c	d	e	f	g	n	v
м	2	2	-	2	1	3	-	-	3
к	1		1				1	-	0
с	-	-					-	-	-
	3	2					2	2	1

Составляем систему уравнений для основных единиц:

$$\begin{cases} \text{к} & 3 = 2a + 2b - 3c + 2d + e + 3f - g - n \\ \text{г} & -1 = -3a - 2b - 2g - 2n \\ \text{с} & 0 = a + c + g - n \end{cases}$$

В этой системе 8 неизвестных. Любые три из них можно выразить через четвертую. Так во втором уравнении выражаем через остальные множители:

$$n = a + c + g.$$

Из третьего уравнения найдем e , и подставив d получаем:

$$b = -2,5a - 2g - c + 0,5.$$

Из первого уравнения:

$$e = 2 + 2a + 2g + 4c - 2d - 3f.$$

Перепишем уравнение (2) в следующем виде:

$$v = A \cdot N^a \cdot r^{-2,5a-2g-c+0,5} \cdot \rho^c \cdot S^d \cdot h^{2+2a+2g+4c-2d-3f} \cdot V_{np}^f \cdot P^g \cdot P_0^{a+c+g}. \quad (4)$$

Объединяем параметры по одинаковым показателям степени:

$$v \cdot r^{0,5} h^2 = A \cdot \left(\frac{N \cdot h^2 \cdot P_0}{r^{2,5}} \right)^a \cdot \left(\frac{\rho \cdot h^4 \cdot P_0}{r} \right)^c \cdot \left(\frac{S}{h^2} \right)^d \cdot \left(\frac{V}{h^3} \right)^f \cdot \left(\frac{P \cdot P_0 \cdot h^2}{r^2} \right)^g \quad (5)$$

Комплексы, полученные в уравнении (5) используем для поиска комбинаций, которые дадут структуру критериального уравнения.

$$\frac{h^2 \cdot r^{0,5}}{v} \cdot \frac{N \cdot h^2 \cdot P_6}{r^{2,5}} \cdot \frac{r}{\rho \cdot h^4 \cdot P_6} = \frac{N}{v \cdot r \cdot \rho} = Bu. \quad (6)$$

$$\left(\frac{S}{h^2}\right) \cdot \left(\frac{h^3}{V}\right) = \frac{S \cdot h}{V} = F. \quad (7)$$

Комплекс F – учитывает влияние площади поверхности парообразования.
Влияние давления учитывается комбинацией:

$$\left(\frac{P \cdot P_6 \cdot h^2}{r^2}\right) \cdot \left(\frac{P_6^2}{r^2}\right) = \frac{P}{P_6} \quad (8)$$

Таким образом применяя числа подобия получаем следующее уравнение:

$$Bu = A \cdot (F)^n \cdot \left(\frac{P}{P_6}\right)^m, \quad (9)$$

Константы A, n, m определяются экспериментально.

Обработка массива экспериментальных данных позволяет рекомендовать для расчета процесса выпаривания в микроволновом вакуум-выпарном аппарате следующее уравнение:

$$Bu = 4,326 \cdot F^{-1,93} \cdot \left(\frac{P}{P_6}\right)^{0,12} \quad (10)$$

Выводы. В технологиях концентрирования экстрактов микроволновый подвод энергии позволяет добиться равномерности подвода энергии к продукту в выпарном аппарате и исключить промежуточный теплоноситель. При этом энергия подводится непосредственно к воде (полярному экстрагенту) в продукте.

За счет того, что по всему объему выпариваемого продукта возникают очаги парообразования, на порядок возрастает поверхность теплообмена в аппарате. Температура выпариваемого продукта зависит не только от давления в аппарате, но и от количества подведенной микроволновой энергии и может значительно превышать температуру кипения. В то же время, интенсивное испарение воды из продукта в условиях микроволнового подвода энергии происходит при общей температуре раствора ниже температуры кипения растворителя. На интенсивность испарения помимо энергоподвода и давления также оказывает влияние площадь поверхности испарения.

Структура критериального уравнения определена методом анализа размерностей. Число энергетического действия, которое устанавливает соотношение мощности микроволнового поля и энергии, которая необходима для перевода растворителя в пар, определяется безразмерным критерием площади и безразмерным давлением в аппарате. В результате обработки экспериментальных данных получены коэффициенты критериального уравнения. Наибольшее влияние на интенсивность выпаривания оказывают мощность микроволнового поля и площадь поверхности испарения.

Литература

1. Бурдо О.Г. Исследование вакуум-выпарных аппаратов нового типа [Текст] / Бурдо О.Г., Ружицкая Н.В., Макаренко Т.А., Малашевич С.А. // Наукові праці ОНАХТ. – Вип. 45, Т.2. – Одеса, 2014. – С.212–214
2. Бурдо О.Г., Рыбина О.Б. Процессы инактивации микроорганизмов в микроволновом поле [Текст]. – О.: Полиграф, 2010. – 200 с.
3. Бурдо, О.Г. Экстрагирование в системе «кофе-вода»: моногр. [Текст] / О.Г. Бурдо, Г.М. Ряшко. – О.: ТЕС, 2007. – 176 с.
4. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок. [Текст] – Одесса: «Полиграф», 2010. – 368 с.
5. Бурдо О.Г. Исследование модуля ленточной сушилки растительного сырья с комбинированным электромагнитным подводом энергии [Текст] / Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Яровой И.И., Ружицкая Н.В. // Труды IV Международной научно-практической конференции «Современные

энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов СЭТТ-2011». – Т.1, Москва, 2011. – С. 422 - 426.

6. Бурдо О.Г., Калинин Л.Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах: Учебник. [Текст] – Одесса: Друк, 2008. – 348с.

7.

УДК 532.135

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ
РОЗПЛАВУ КОМПОЗИЦІЇ ПОЛІЕТИЛЕН – КАУЧУК**
магістрант Гоцький Я. Г., к.т.н, ст. викл. Двойнос Я. Г., Національний
технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

**MATHEMATICAL MODEL OF HOMOGENIZATION MELT
COMPOSITION POLYETHYLENE - RUBBER**

undergraduate Hotskij Y.G., Ph.D., senior lecturer Dvoinos Y.G.,
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv

Анотація. Робота присвячена моделюванню процесу змішування та диспергування силіконового каучуку з розплавом поліетилену з у робочих зазорах одночервячного екструдера та зазорах змішуючого спірального елемента Маддока. Присвячено увагу технологічності елемента змішуючого, та інтеграції методів формування до геометричних умов фізичної моделі, що дозволяє наблизити розрахунки до реальної конструкторської розробки. Проведено аналіз відомих гідродинамічних моделей та методів визначення якості змішування за накопиченою деформацією.

Відповідно до технології переробки композиції обґрунтовано вимоги до якості змішування та температури розплаву, що дозволило сформулювати критерій якості процесу та мету моделювання: встановлення залежностей якості процесу змішування від основних геометричних параметрів інструменту.

В результаті чисельного експерименту отримано критичні параметри, які можуть бути використані при проектуванні екструзійного обладнання.

Робота в першу чергу зацікавить інженерів-конструкторів екструзійного та нестандартного обладнання для переробки полімерних матеріалів.

Abstract. The work is devoted to modeling the process of mixing and dispersion of silicone rubber with molten plastic from working in the gaps and gaps one screw extruder mixing spiral element Maddoka. Attention is paid to the technological element of the mixing and integration methods of forming geometrical conditions to the physical model, allowing calculations to approximate the real design project. The analysis of known hydrodynamic models and methods for determining the quality of mixing accumulated strain.

According to the technology of processing compositions justified demands for quality mixing and temperature of the melt-temperatures, which allowed formulating quality criteria and objective process modeling: depending installation as the mixing of basic geometric parameters of the tool.

As a result of numerical experiments obtained characteristic equation may be use the design of extrusion equipment.

Working primarily interested in design engineers and non-standard extrusion equipment processing of polymeric materials.

Ключові слова: каучук з силікону, індекс перемішування, розплав поліетилену, екструдер, черв'як екструдера.

Keywords: rubber silicone, mixing index, melt plastic, extruder, extruder screw.

Переробка та створення нових композицій на основі полімерів є актуальним, оскільки ці матеріали отримують кращі експлуатаційні характеристики, а саме, при незначному додаванні каучуку до полімеру збільшуються механічні характеристики отриманої композиції, такі як еластичність, удароміцність та морозостійкість. Світова компанія DuPont використовує концентрати з первинними амідами жирних кислот на основі рослинної сировини для отримання композиції з низьким коефіцієнтом тертя.

Безбах І. В., Кепин Н. И.	
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ	
Недбайло А. Є.	285
КИНЕТИКА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВОДЫ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ	
Тришин Ф. А., Терзиев С. Г., Орловская Ю. В.	289

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ПОДІБНОСТІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КОНВЕКТИВНО – ТЕРМОРАДІАЦІЙНОГО СУШІННЯ	
Малежик І. Ф., Бурлака Т. В., Дубковецький І. В., Деканський В. Є.	296
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КОМІРЧАСТОЇ МОДЕЛІ ІЗ ЗВОРТНИМИ ПОТОКАМИ В ВІБРОЕКСТРАКТОРАХ	
Мистора Т. Г., Зав'ялов В. Л., Лобок О. П., Попова Н. В., Запорожець Ю. В.	302
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ІННОВАЦІЙНИХ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРІВ	
Бухкало С. І.	309
ДОСВІД РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНО - ІНТЕГРОВАНОГО СТЕНДУ ДЛЯ СУПРОВОДУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ В СЕРЕДОВИЩІ МІКРОХВИЛЬОВОГО-ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ	
Яровий І. І.	313
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЕ ПУЗЫРЬКОВОГО КЛАСТЕРА В ПРОЦЕСАХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ	
Иваницкий Г. К.	319
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭКСТРАКТА СТЕВИИ В МИКРОВОЛНОВОМ ВАУУМ-ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ	
Бурдо О. Г., Ружицкая Н. В., Резниченко Т. А., Резниченко Д. Н.	322
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ РОЗПЛАВУ КОМПОЗИЦІЇ ПОЛІЕТИЛЕН – КАУЧУК	
Гоцький Я. Г., Двойнос Я. Г.	327
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ	
Бурдо О. Г., Давар Ростами Пур	335
ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ ТА ПІКОВИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОТИ	
Остапенко О. П.	331
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ТОРФА И БИОМАССЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВ	
Снежкин Ю. Ф., Коринчук Д. Н.	337
ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ВЫМОРАЖИВАНИЯ БЛОКА ЛЬДА	
Тришин Ф. А., Трач А. Р.	343
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ	
Бурдо О. Г., Давар Ростами Пур, Масельская Я. А.	347
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИКРОВОЛНОВОЙ ЛЕНТОЧНОЙ СУШИЛКИ	
Бурдо О. Г., Маренченко Е. И., Пилипенко Е. А., Балагура В. В.	355
АНАЛІЗ ОПОРІВ ПЕРЕНЕСЕННЯ РЕЧОВИНИ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ ПРИ НАНОФІЛЬРАЦІЇ ТА ЗВОРТНОМУ ОСМОСІ	
Гуліснко С. В.	364
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ В МІКРОХВИЛЬОВОМУ ПОЛІ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОТИТЕЧІЙНОГО ЕКСТРАКТОРА З ПІДВОДОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕНЕРГІЇ	
Левтринська Ю. О., Зиков А. В., Терзиев С. Г.	367
К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КИПЕНИЯ КАПЕЛЬ ХЛАДАГЕНТА В ФИЛЬТРЕ ЭЖЕКТОРЕ	
Когут В. Е., Бушманов В., Хмельнюк М. Г.	374