DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-108-113
УДК 665.7.035.6

# ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА РЕОЛОГИЮ МАСЛИЧНОГО МАТЕРИАЛА

**И. А. Шорсткий**

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350004, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2*

*e-mail: thegector@mail.ru*

*Дата поступления в редакцию: 16.11.2017*
*Дата принятия в печать: 16.03.2018*

*© И. А. Шорсткий, 2018*

**Аннотация.** Обработка импульсным электрическим полем является перспективным методом предварительной подготовки масличного материала перед процессами дальнейшей переработки. Экспериментальные данные получены на базе ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» ФГБОУ ВО «КубГТУ» (г. Краснодар). В работе проведено исследование реологических характеристик масличного материала с оценкой влияния предварительной обработки импульсным электрическим полем. С использованием математического аппарата и эксперимента установлено, что пластическая вязкость мезги соответствует вязкости растительного масла, что подтверждает выдвинутое в данной работе предположение бингамовской реологии. Экспериментальные исследования показали наличие структурообразования материала, поступающего в канал шнекового транспортера. Установлено наличие эффекта от обработки импульсным электрическим полем, с изменением структуры материала и снижением предельного напряжения сдвига с 24,36 до 22,89 Па для образцов после обработки напряженностью поля E = 8 кВ/см и количеством импульсов n = 300 в течение 3 с. Снижение предельного напряжения сдвига за счет обработки импульсным электрическим полем позволяет затрачивать меньшее количество энергии на процесс транспортировки или отжима масличного материала в случае процесса прессования. Данный фактор является положительным дополнением к существующему эффекту повышения выхода масла от предварительной обработки. Полученные параметры инженерной модели позволяют прогнозировать реологию вязко-пластичного течения в широком диапазоне скоростей сдвиговой деформации в каналах шнекового транспортера, в том числе и при обработке импульсным электрическим полем.

**Ключевые слова**. Реология, масличный материал, импульсное электрическое поле, вязко-пластичное течение, инженерная модель, канал шнекового транспортера

**Для цитирования:** Шорсткий, И. А. Влияние импульсного электрического поля на реологию масличного материала / И. А. Шорсткий // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 108–113. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-108-113.

# INFLUENCE OF PULSE ELECTRIC FIELD ON OIL-BEARING MATERIAL RHEOLOGY

**I. A. Shorstkii**

*Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350004, Russia*

*e-mail: thegector@mail.ru*

*Received: 16.11.2017*
*Accepted: 16.03.2018*

*© I.A. Shorstkii, 2018*

**Abstract.** Treatment with pulse electric field is a promising method of preliminary preparation of oil-bearing material before further treatment. Experimental data was obtained in Kuban State Technological University ("Food and Chemical Technologies Research Center") (Krasnodar). The author studied oil-bearing material rheological properties and assessed the influence of preliminary treatment with pulse electric field. Using mathematical tools and an experiment the author found out that plastic viscosity of pulp corresponds to oil viscosity which confirms the assumption about Bingham rheology made in the paper. Experimental works have shown that there is structure formation in the material that enters conveyor auger feeder. The author determined that there is an effect after treatment with pulse electric field as the structure of the material changed and critical shear stress decreased from 24.36 to 22.89 Pa for the samples which were treated with field having field intensity E = 8 кV/cm and number of pulses n = 300 during three seconds. Critical shear stress decrease due to the treatment with pulse electric field allows to use less energy for oil-bearing material transportation and crushing in case of pressing process. That factor is a positive complement to the existing effect of oil yield increase after preliminary preparation. The obtained parameters of the engineering model make it possible to forecast rheology of viscoplastic flow in wide range of shear strain rates in conveyor auger feeder as well as during treatment with pulse electric field.

**Keywords**. Rheology, oil-bearing material, pulse electric field, viscoplastic flow, engineering model, conveyor auger feeder

**For citation:** Shorstkii I.A. Influence of Pulse Electric Field on Oil-Bearing Material Rheology. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 108–113 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-108-113.

**Введение**

Обработка импульсным электрическим полем (ИЭП) представляет собой новый вид электрофизического воздействия на клеточном уровне в пищевой промышленности, которая требует глубокого исследования ее механизмов и эффектов. Одним из направлений использования данного вида воздействия в РФ является совершенствование процессов переработки масличных материалов [1]. В процессе обработки ИЭП происходит разрушение целостности мембран масличных клеток за счет прохождения импульсов высокого напряжения через структуру материала, что приводит к облегченному выходу внутриклеточных компонентов. Для расширения спектра применения ИЭП к различным пищевым продуктам и процессам в промышленном масштабе необходимо четкое понимание формируемых изменений внутренней структуры материалов и их реологических свойств [2]. Особый интерес представляют данные течения материала в канале шнекового транспортера, для осуществления непрерывного режима обработки импульсным электрическим полем.

Процессы переработки сырья в агропромышленном комплексе имеют ряд особенностей, связанных с превалирующей долей стоимости сырья в себестоимости готовой продукции. Поэтому разработка перспективных направлений эффективного производства пищевой продукции связана с последовательными процессами многоэтапного фракционирования с выделением пищевых компонентов. Наиболее интересными в этом случае являются такие процессы фракционирования, как теплоперенос, массоперенос и фильтрация. Объединяет эти процессы наличие диффузионного и реологического механизмов переноса компонентов в рабочей зоне аппарата [3].

Численный анализ этих процессов показывает значительное влияние консистенции материала на скорость процессов переноса целевых компонентов [4]. Учитывая ограничения математического моделирования, связанные с параметризацией уравнений переноса, особую актуальность приобретают физико-химические методы анализа компонентов сырья, основных и вспомогательных материалов, участвующих в этих процессах. В ряде случаев математическое моделирование позволяет получить косвенные характеристики процесса [5, 6], не наблюдаемые непосредственно. В этом случае решающим фактором, определяющим адекватность модели реальному процессу, является экспериментальное определение этих характеристик [7, 8].

Целью данной работы является исследование параметров течения пластичной массы масличного материала в канале шнекового транспортера с оценкой влияния предварительной обработки импульсным электрическим полем.

**Объекты и методы исследований**

Идентификация течения вязко-пластичного материала в канале шнекового транспортера основана на определении эффективной вязкости. Учитывая влияние давления, развиваемого в зоне межэлектродного пространства [9], ячейка вискозиметра была оборудована гидравлической системой регулируемого давления на ротор вискозиметра (рис. 1). Учитывая пластичность исследуемого материала, зазор контакта «ротор – поршень» составлял 2 мм.

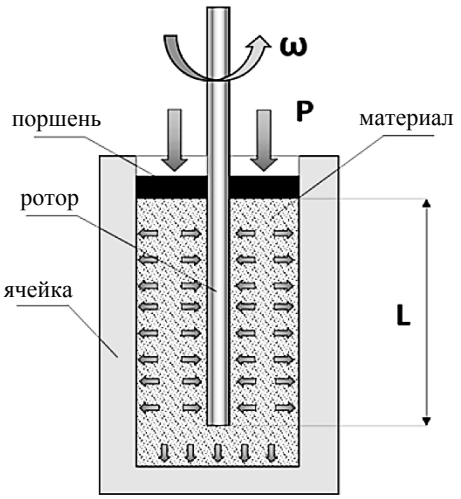


Рисунок 1 – Ротационный вискозиметр с гидравлической системой нагрузки

Figure 1 – Rotational rheometer with hydraulic loading system

Выбор ротационного способа измерения основан на возможности измерения вязкости, как ньютоновских, так и неньютоновских [9], т. е. истинных и структурированных сред. Структура реологических потоков в шнековом транспортере в значительной степени определяется выбором реологического уравнения течения, которое влияет на объемную производительность экструдера. Поэтому экспериментальное исследование было направлено на определение зависимости вязкости от напряжения и скорости сдвиговой деформации, а также гидравлического давления на исследуемый материал до и после обработки импульсным электрическим полем.

Учитывая, что измеряемая вязкость связана с процессами структурообразования при увеличении скорости сдвиговой деформации, то измеряемая эффективная вязкость стремится к ньютоновской.

В качестве экспериментального материала использовали:

– мезгу, выходящую из жаровни и поступающую в экструдер;

– предварительно обработанную мезгу при параметрах напряженности поля E = 8 кВ/см и количестве импульсов n = 100, 200 и 300 шт., при ширине импульса 100 мкс и паузой между импульсами 900 мкс.

Режим обработки был выбран на основе данных электрических и диэлектрических параметров обрабатываемого материала с показателем удельной проводимости $3{,}93 \cdot 10^{-4}$ см/м [10]. Учитывая характер обработки и незначительный рост температуры (0,5–1 °С), температура принималась равной для всех экспериментов.

Обработку проводили на базе ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» ФГБОУ ВО «КубГТУ» с использованием энергетической установки Matsusada в разработанной камере обработки с плоскопараллельными электродами [11]. Вязкость измеряли на ротационном вискозиметре Fungilab One S при избыточном гидростатическом давлении 981 Па. Высота слоя материала в измеряемой ячейке составила 38 мм. Скорость сдвиговой деформации в процессе измерения варьировалась от 1 до 10 $с^{-1}$. Полученные экспериментальные данные подвергались статистической обработке в программной среде Excel и ANOVA.

**Результаты и их обсуждение**

Типичный график зависимости коэффициента эффективной вязкости представлен в осях $\mu_{эф}$ (эффективная вязкость) – $\dot{\gamma}$ (скорость сдвиговой деформации) (рис. 2).

Как видно из представленного графика, при увеличении скорости сдвига вязкость мезги монотонно снижается, что подтверждает выдвинутое предположение о структуро-образовании мезги, которое сохраняется и для образцов после обработки ИЭП. При увеличении количества посылаемых импульсов от n = 100 до 300 шт. вязкость мезги возрастает. Далее для сравнения будут использованы данные для материала с обработкой ИЭП при n = 300 шт.

Учитывая, что коэффициент эффективной вязкости, регистрируемый на ротационном вискозиметре, представляет собой отношение напряжения сдвига к скорости сдвиговой деформации $\mu_{эф} = \tau/\dot{\gamma}$, произвели обработку первичных реологических данных (табл. 1).

Для аппроксимации данных таблицы использовали линеаризацию исходных реологических показателей в обратных величинах: $1/\dot{\gamma}$; $1/\tau$. В этом случае модельная зависимость кривой течения материала в шнековом транспортере может быть представлена в следующем виде:

$$\tau^{R}\left(\dot{\gamma}\right) = \frac{1}{b_0 + \frac{b_1}{\dot{\gamma}}}, \qquad (1)$$

где $b_0$, $b_1$ – коэффициенты линейной аппроксимации обратных величин кривой течения материала в канале шнекового транспортера ($b_0$ = 0,03826 $Па^{-1}$) и ($b_1$ = 0,01009 Гц/Па). Для оценки вида этого структурообразования построили график консистенции исследованного вязкопластичного материала в осях «напряжение сдвига – скорость сдвиговой деформации» (рис. 3).

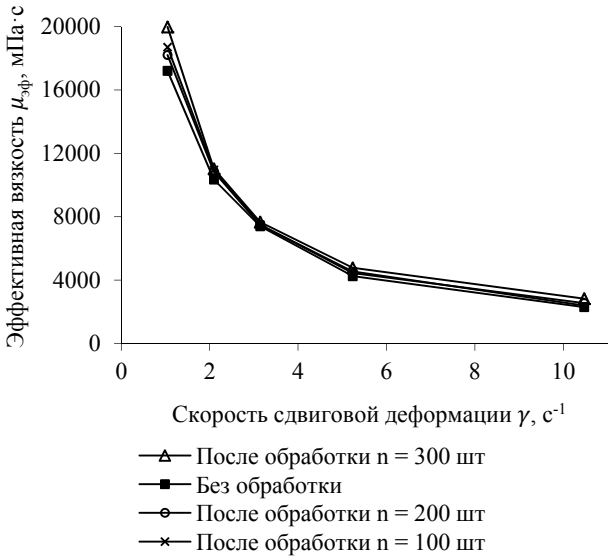


Рисунок 2 – Зависимость эффективной вязкости от скорости сдвиговой деформации для материала до и после обработки при напряженности поля E = 8 кВ/см

Figure 2 – Dependence between effective viscosity and shear strain rate for the material before and after treatment at field intensity 8 кV/cm

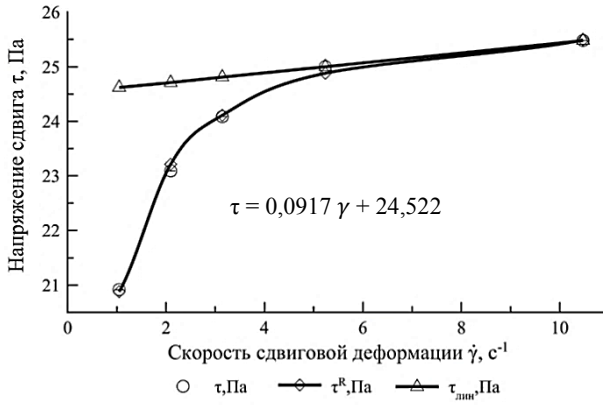


Рисунок 3 – График консистенции вязкопластичного материала до обработки ИЭП

Figure 3 – Viscoplastic material thickness before treatment with pulse electric field

Таблица 1 – Реология структурообразования мезги, поступающей в шнековый транспортер

Table 1 – Rheology of the pulp structure formation when it enters a conveyor auger feeder

| Скорость сдвиговой деформации $\dot{\gamma}$, $с^{-1}$ | Напряжение сдвига τ, Па | Инженерная модель $\tau^R$, Па | Бингамовская модель $\tau_{лин}$, Па | Невязка инженерной модели $(\tau-\tau^R)/\tau$, % | Невязка бингамовской модели $(\tau-\tau_{лин})/\tau$, % | Доверительный интервал $\delta_\tau/\tau$, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10,47 | 25,48 | 25,49 | 25,48 | 0,0 | 0,0 | 1,8 |
| 5,24 | 25,00 | 24,88 | 25,00 | 0,5 | 0,0 | 2,4 |
| 3,14 | 24,09 | 24,11 | 24,81 | 0,1 | 3,0 | 2,2 |
| 2,09 | 23,09 | 23,21 | 24,71 | 0,5 | 7,0 | 3,3 |
| 1,05 | 20,92 | 20,88 | 24,62 | 0,2 | 17,7 | 9,6 |

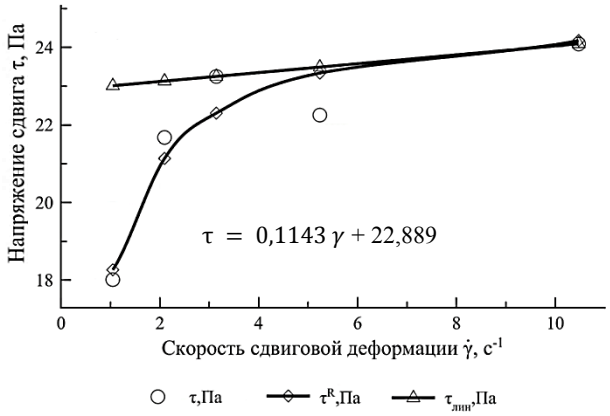


Рисунок 4 – График консистенции вязкопластичного материала после обработки ИЭП при n = 300

Figure 4 – Viscoplastic material thickness after treatment with pulse electric field when *n* = 300

Для определения эффекта влияния ИЭП на реологические параметры масличного материала построили график консистенции вязкопластичного материала после обработки импульсным электрическим полем (рис. 4).

Инженерная модель реологии мезги, представленная уравнением (1) позволяет определить предельные значения реологических свойств за счет построения асимптоты напряжения сдвига $\tau_\infty$, определяемой следующим соотношением:

$$\tau_\infty = \lim_{\dot{\gamma}\to\infty}\left[\tau^R\left(\dot{\gamma}\right)\right] = \frac{1}{b_0}, \qquad (2)$$

Для уточнения параметров инженерной реологической модели (2) необходима гладкая функциональная зависимость в виде сплайн-аппроксимации, заданной в точках графика (рис. 3, 4) зависимости на отрезке [$a$ = 1,05; $b$ = 10,47] Гц, разбитом на части $\gamma_i$ (табл. 1). Для аппроксимации использовали кубический сплайн дефекта 1, представляющий собой функцию, которая:

• на каждом отрезке является многочленом степени не выше третьей;

• имеет непрерывные первую и вторую производные на всем отрезке [$a$, $b$];

• в экспериментальных точках выполняется равенство сплайна интерполирующей функции. Для однозначного задания сплайна накладываем дополнительные требования на границах сплайна: $\tau''(a) = \tau''(b) = 0$. В этом случае, согласно теореме Шенберга – Уитни об условиях существования интерполяционного сплайна, существует только один сплайн $\tau_s(\gamma)$, удовлетворяющий перечисленным выше условиям. В этом случае интегральная относительная невязка пробной инженерной реологической функции может быть представлена в виде целевой функции $Z(b_0, b_1)$:

$$Z\left(b_0, b_1\right) = \int_a^b \left[\frac{\tau^R\left(\gamma\right) - \tau_s\left(\gamma\right)}{\tau^R\left(\gamma\right)}\right]^2 d\gamma, \qquad (3)$$

Минимизация функционала (3) позволила уточнить параметры инженерной модели по сравнению с их квазилинейной аппроксимацией ($b_0$ = 0,03817 Па$^{-1}$) и ($b_1$ = 0,01052 Гц/Па) и ($b_0$ = 0,0399 Па$^{-1}$) и ($b_1$ = 0,0156 Гц/Па) для образцов после обработки. Реологическое уравнение течения, характерное для обработки материала ИЭП в процессе извлечения масла из мезги, определяется интервалом скоростей сдвиговой деформации от 5 до 11 с$^{-1}$. В этом случае для определения реологических параметров течения мезги в канале шнекового транспортера мезги наиболее реалистичным уравнением течения является идеально-пластическая модель Бингама:

$$\tau\left(\dot{\gamma}\right) = \tau_0 + \mu_{пл} \cdot \dot{\gamma}, \qquad (4)$$

где τ0 – предел текучести; μпл – коэффициент пластической вязкости. Параметры уравнения (4) могут быть определены на основе линейной аппроксимации в указанном интервале скоростей сдвиговой деформации с учетом найденной асимптоты (2) из параметров инженерной модели (1). Из графиков линейных аппроксимаций (рис. 4) следует, что τ0 = 24,522 Па; μпл = 0,0917 Па·с и τ0 = 22,889 Па; μпл = 0,1143 Па·с для образцов после обработки ИЭП соответственно. Уточняя начальное приближение этих параметров для скоростей сдвиговой деформации, используемых в процессах транспортировки масличного материала в шнековом транспортере, применяли интегральную относительную невязку идеально-пластической модели Бингама (4) относительно инженерной реологической функции:

$$Z_B\left(\tau_0, \mu_{пл}\right) = \int_{5,2}^{10,5} \left[\frac{\tau^R\left(\dot{\gamma}\right) - \tau\left(\dot{\gamma}\right)}{\tau^R\left(\dot{\gamma}\right)}\right]^2 d\dot{\gamma}, \qquad (5)$$

Минимизация функционала (5) позволила уточнить параметры идеально-пластической модели Бингама относительно инженерной реологической функции ($\tau_0$ = 24,3617 Па; $\mu_{пл}$ = 0,1168 Па·с).

**Выводы**

Учитывая тот факт, что пластическая вязкость мезги соответствует вязкости растительного масла [12], входящего в состав этого вязкопластичного материала, получили подтверждение о выдвинутом предположении бингамовской реологии этого материала и сохранении ее после обработки импульсным электрическим полем. Как видно из представленных данных, график консистенции представляет собой бингамовскую вязкопластичную жидкость.

Проведенные экспериментальные исследования показали наличие структурообразования материала, поступающего в шнековый транспортер. При увеличении скорости сдвиговой деформации

эффективная вязкость снижается. Консистенция материала соответствует бингамовской реологии. Влияние обработки ИЭП на реологические параметры масличного материала присутствуют и подтверждают эффект изменения структуры материала после предварительной обработки со снижением предельного напряжения сдвига от 24,36 до 22,89 Па для исследуемого материала после обработки напряженностью поля E = 8 кВ/см и количеством импульсов n = 300. Снижение предельного напряжения сдвига за счет обработки ИЭП позволяет затрачивать меньшее количество энергии на процесс транспортировки или отжима масличного материала в случае процесса прессования. Данный фактор является положительным дополнением к существующему эффекту повышения выхода масла после предварительной обработки ИЭП. Полученные данные о слоистом представлении масличного материала формата «масло – твердые частицы – масло» и его реологические характеристики являются важными в процессах моделирования современного процесса обработки пищевых продуктов импульсным электрическим полем. Полученные параметры инженерной модели позволяют прогнозировать реологию вязко-пластичного течения в широком диапазоне скоростей сдвиговой деформации в каналах шнекового транспортера.

**Список литературы**

1. Шорсткий, И. А. Совершенствование процесса экстрагирования масличных материалов на основе применения электрофизического воздействия : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Шорсткий Иван Александрович. – Краснодар, 2016. – 168 с.

2. Xiang, B. Y. Effects of pulsed electric fields on structural modification and rheological properties for selected food proteins : dr. phil. sci. diss. / Bob Yongsheng Xiang. – Sainte-Anne-de-Bellevue, 2008. – 177 p.

3. Постановка задачи описания переноса тепла, массы и давления при сушке / С. А. Подгорный [и др.] // Новые технологии. – 2014. – № 3. – С. 20–27.

4. Метод конечных элементов в решении задач теплопроводности / С. А. Подгорный [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2013. – № 2 (56). – С. 10–15.

5. Pasting and rheological properties of oat products dry-blended with ground chia seeds / G. E. Inglett [et al.] // LWT-Food Science and Technology. – 2014. – Vol. 55, №. 1. – P. 148–156. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.07.011.

6. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds / L. Chel-Guerrero [et al.] // International journal of biological macromolecules. – 2016. – Vol. 86. – P. 302–308. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2016.01.052.

7. Akbulut, M. Physicochemical and rheological properties of sesame pastes (tahin) processed from hulled and unhulled roasted sesame seeds and their blends at various levels / M. Akbulut, H. Coklar // Journal of Food Process Engineering. – 2008. – Vol. 31, №. 4. – P. 488–502. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2007.00162.x.

8. Savoire, R. Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review / R. Savoire, J. L. Lanoisellé, E. Vorobiev // Food and Bioprocess Technology. – 2013. – Vol. 6, №. 1. – P. 1–16.

9. Кошевой, Е. П. Теоретическое рассмотрение деформирования материала на выходе экструдера / Е. П. Кошевой, В. С. Косачев, З. А. Меретуков // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – № 5–6. – С. 86–88.

10. Shorstkii, I. Influence of temperature and solvent content on electrical properties of sunflower seed cake / I. Shorstkii, X. Q. Koh, E. Koshevoi // Journal of Food Processing and Preservation. – 2015. – Vol. 39, №. 6. – P. 3092–3097. DOI: 10.1111/jfpp.12574.

11. Шорсткий, И. А. Оценка эффективности использования импульсного электрического поля в процессах экстрагирования масличных материалов / И. А. Шорсткий, Е. П. Кошевой // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2017. – №. 3. – С. 26–32.

12. Stanciu, I. The study rheological behavior of sunflower oil / I. Stanciu // International Research Journal of Pure and Applied Chemistry. – 2014. – Vol. 4, №. 5. – P. 531. DOI: 10.9734/IRJPAC/2014/9586.

**References**

1. Shorstkii I.A. *Sovershenstvovanie processa extragirovaniya maslichnih materialov na osnove primeneniya electrofizicheskogo vozdeistviya. Diss. kand. tekhn. nauk* [Extraction process development of oil materials based on electro physic treatment application. Cand. eng. sci. diss.], Krasnodar, 2016. 168 p.

2. Xiang B.Y. *Effects of pulsed electric fields on structural modification and rheological properties for selected food proteins*. *Dr. phil. sci. diss*, Sainte-Anne-de-Bellevue, 2008. 177 p.

3. Podgornyy S.A., Koshevoy E.P., Kosachev V.S., Shalyahov A.A. Postanovka zadachi opisaniya perenosa tepla, massy i davleniya pri sushke [Statement of the task of describing heat transfer, mass and pressure during drying]. *Novye tehnologii* [New technologies], 2014, no. 3, pp. 20–27.

4. Podgornyy S.A., Meretukov Z.A., Koshevoy E.P., Kosachev V.S. Metod konechnykh elementov v reshenii zadach teploprovodnosti [The finite element method in solving problems of heat conduction]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tehnologiy* [Bulletin on Voronezh State University of Engineering Technologies], 2013, no. 2(56), pp. 10–15.

5. Inglett G.E., Chen D., Liu S.X., Lee S. Pasting and rheological properties of oat products dry-blended with ground chia seeds. *LWT-Food Science and Technology*, 2014, vol. 55, no. 1, pp. 148–156. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.07.011.

6. Chel-Guerrero L., Barbosa-Martín E., Martínez-Antonio A., González-Mondragón E., Betancur-Ancona D. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *International journal of biological macromolecules*, 2016, vol. 86, pp. 302–308. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2016.01.052.

7. Akbulut M., Coklar H. Physicochemical and rheological properties of sesame pastes (tahin) processed from hulled and unhulled roasted sesame seeds and their blends at various levels. *Journal of Food Process Engineering*, 2008, vol. 31, no. 4, pp. 488–502. DOI: 10.1111/j.1745–4530.2007.00162.x.

8. Savoire R., Lanoisellé J.L.,Vorobiev E. Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, vol. 6, no. 1, pp. 1–16.

9. Koshevoy E.P., Kosachev B.C., Meretukov Z.A. Teoreticheskoe rassmotrenie deformirovaniya materiala na vykhode [Theoretical consideration of material deformation at the extruder outlet]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [News institutes of higher Education. Food technology], 2004, no. 5–6, pp. 86–88. DOI: 10.9734/IRJPAC/2014/9586.

10. Shorstkii I., Koh X.Q., Koshevoy E. Influence of Temperature and Solvent Content on Electrical Properties of Sunflower Seed Cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2015, vol. 39, no. 6, pp. 3092–3097. DOI: 10.1111/jfpp.12574.

11. Shorstkii I.A., Koshevoy E.P. Otsenka effektivnosti ispol'zovaniya impul'snogo elektricheskogo polya v protsessakh ekstragirovaniya maslichnykh materialov [Perspectives of pulsed electric field application for extraction processes of oil contain materials]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya "Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv"* [ITMO University Scientific journal], 2017, no. 3, pp. 26–32.

12. Stanciu I. The Study Rheological Behavior of Sunflower Oil. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 2014, vol. 4, no. 5, pp. 531.

**Шорсткий Иван Александрович**
канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: +7 (967) 652-58-81, e-mail: thegector@mail.ru

**Ivan A. Shorstkii**
Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer of the Department of Technological Equipment and Life-support Systems, Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia, phone: +7 (967) 652-58-81, e-mail: i-shorstky@mail.ru