

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОФЛОТАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПРЕСОВОЇ РИЦИНОВОЇ ОЛІЇ

Дідур В. В., к. т. н.,

Дідур В. А., д. т. н.,

Назаренко І. П., д. т. н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет
ім. Д. Моторного*

Тел. (0619) 44-57-97

Анотація – наведена фізична модель флотаційного очищення рослинних олій. На підставі фізичної моделі розроблено технологічну схему установки для електрофлотаційного очищення рицинової олії. Розроблено конструкцію та виготовлено лабораторну установку для очищення рицинової олії. За допомогою виготовленої лабораторної установки проведені експериментальні дослідження, які дозволили обґрунтувати технологічні режими і конструктивні параметри електрофлотаційної установки для очищення рицинової олії в залежності від її потужності.

Дослідження процесу очищення рицинової олії дозволили визначити час видалення вологи і гідратованих фосфатидів та механічних домішок з рицинової олії та конструктивні параметри системи електродів. При продуктивності лабораторної флотаційної установки 0,07 л/хв зменшення вмісту води з 2% до 0,2% – довжина електродів повинна складати 1 м, їх діаметр 2 мм, при відстані між електродами 0,1 м та напрузі на електродіах 5 кВ.

Порівняння теоретичних та експериментальних залежностей часу видалення вологи та гідратованих фосфатидів і механічних домішок з рицинової олії від напруги на електродіах підтверджено адекватність теоретичної моделі експериментальним даним (максимальне віджимання теоретичних величин від експериментальних не перевищує 7%) та доцільність використання запропонованого методу очищення пресової рицинової олії від фосфатидів і механічних домішок в електричному полі (ступінь очищення за час 1000 с складає 97%).

Ключові слова – фосфатиди, механічні домішки, гідратація, флотація, потенціал, силове електричне поле, рицинова олія, пориста перегорodka.

Постановка проблеми. Сучасна олієжирова промисловість України зорієнтована тільки на переробку соняшника. В той час як ґрунтово-кліматичні умови нашої країни є такі, що дозволяють виробляти у промислових обсягах багато інших олійних культур. Так, наприклад, умови Півдня України є дуже сприятливими для виробництва насіння рицини із якої отримують рицинову олію. Сучасні технології переробки рицини, через малі обсяги виробництва на відміну від переробки соняшника, спрямовані на без екстракційний віджим олії за допомогою шнекових пресів. Відомо, що при такій технології олія отримується темного кольору, через забруднення дрібнодисперсними частинками рослинних домішок і фосфатидами (рис. 1) [1].

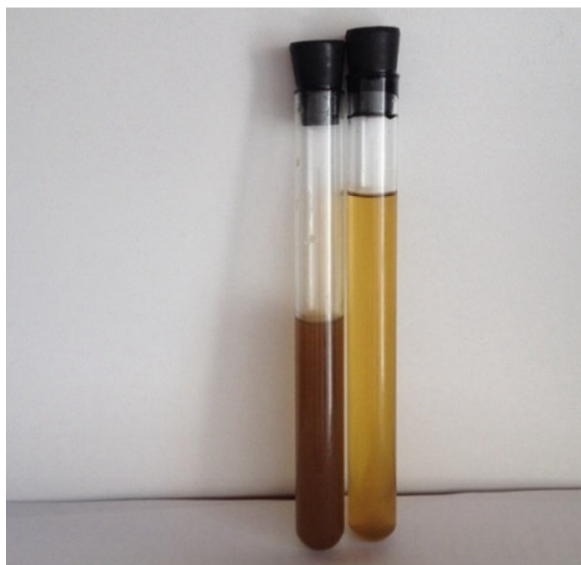


Рис. 1. Олія рицини до та після очищення

Така олія потребує обов'язкового очищення, що повинно бути передбачено як окрема технологічна операція в технології переробки рицини. Ефективне очищення діелектричних рідин забруднених мікронними частинками рослинних домішок і фосфатидів є дуже важливою як господарською так і науковою проблемою [2].

На теперішній час відомо багато способів очищення робочих рідин, рослинних олій, води та промислових стоків [5]. Серед них найбільш відомими є:

- очищення рідини за допомогою фільтрації через різні пористі перегородки [7];
- очищення рідини за допомогою силових полів [4, 5];
- очищення рідини за допомогою флотації [8].

Вивчення можливостей кожного із способів дозволяє констатувати, що стосовно в'язкої діелектричної рідини, якою є рицинова олія, найбільш прийнятним є спосіб флотації, зокрема, електрофлотації [3].

Суть цього способу полягає у використанні для виносу на поверхню рідини мікронних домішок попередньо гідратованих фосфатидів бульбашок пари, створених при кипінні води добавленої в олію. Цей процес інтенсифікується електричним полем високої напруженості, що дозволить, на нашу думку, отримати достатню кількість бульбашок для процесу флотації.

Мета досліджень полягає в розробці конструкції установки для очищення пресової рицинової олії та обґрунтуванні її технологічних режимів і конструктивних параметрів.

Основна частина. Для вирішення проблеми очищення рослинних олій останнім часом йдуть пошуки нових способів та їх комбінацій. Серед таких комбінованих способів може бути той, що нами запропоновано (Патент України №127279) [3], суть якого розкрита за допомогою рис. 2. На рис. 2, а наведено експозицію пресової рицинової олії, на рис. 2, б – експозиція процесу гідратації при додаванні води 1,5-2%. На рис. 2, в – відображено початок діелектрофорезу крапель води поблизу електродів, а на рис. 2, г та рис. 2, д початок та закінчення процесу електрофлотаційного очищення олії.

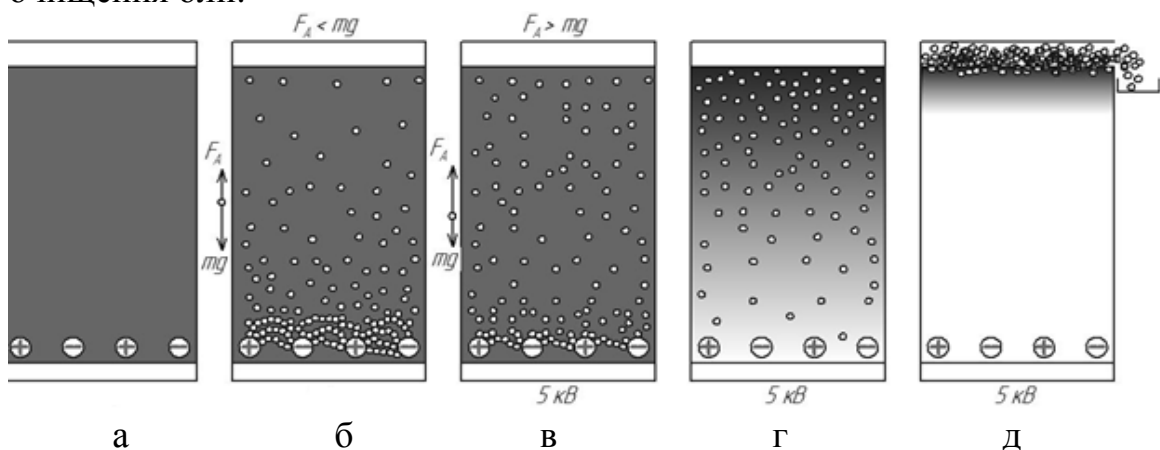


Рис. 2. Схема процесу очищення рицинової олії способом електрофлотації: а – віджата рицинова олія; б – процес гідратації; в – процес діелектрофорезу; г – процес електрофлотації; д – завершення процесу електрофлотації

Після віджиму рицинова олія вміщує багато різних домішок, в тому числі фосфати, білки та інші механічні домішки, які роблять її непрозорою.

Стандарти вимагають, щоб колір був прозорим [2].

Для вилучення білків, фосфатидів та механічних домішок, що створюють темний колір проводять їх гідратацію додаванням до олії 1,5-2% води. В результаті взаємодії фосфатидів з водою виникають агрегати гідратованих фосфатидів, які не мають зв'язку з дисперсійним середовищем і тому їх можна вилучити з олії,

використовуючи силову дію електричного поля на поляризовані частинки та флотацію домішок парогазовими бульбашками.

Після гідратації залишки води, які не прийняли участь у гідратації, у вигляді дрібних крапель розміром до 50 мкм залишаються в суспензії і надають їй мутного білого кольору. Ці краплі також підлягають вилученню.

У зв'язку з тим, що рицинова олія має високу в'язкість, процес очищення доцільно вести при підвищеній температурі. Водно-олійна емульсія створюється в результаті механічного перемішування мішалкою при температурі 50-70°C. Для проведення процесу очищення олії від гідратованих фосфатів і білків в електричному полі температуру суспензії потрібно довести до 85-95°C.

Електричне поле створюється системою паралельних циліндричних електродів. Таке поле має велику неоднорідність і тому виникають значні електричні сили, які діють на поляризовані частинки фосфатидів і краплі залишкової води. Ці сили направлені в бік найбільшого значення величини напруженості поля (по градієнту напруженості), тобто до поверхні електродів. Величина сили, що діє на поляризовану частинку в неоднорідному електричному полі залежить від діелектричної проникності речовини частинки. В першому наближенні можна прийняти величину діелектричної проникності гідратованих фосфатидів та білків такою, що дорівнює діелектричній проникності води ($72 \cdot 10^{-11}$ Ф/м). Швидкість руху частинок до електродів зумовлена величиною електричної сили та сили опору в'язкого середовища. При досягненні електроду гідратовані фосфатиди і краплі води попадають в поле з найбільшою напруженістю та градієнтом напруженості. Як показали попередні експериментальні дослідження, на поверхні електроду краплі води накопичуються та починається їх випаровування з утворенням дрібних парогазових бульбашок, розмір яких зумовлений величиною діаметру електроду. Такі дрібні бульбашки здатні виносити на поверхню олії гідратовані фосфатиди, які знаходяться в шарі олії над електродною системою, тобто здійснювати процес флотаційного очищення олії.

Час очищення від гідратованих фосфатидів, білків, механічних домішок і залишків води залежить від об'єму рідини в камері, конструктивних параметрів електродної системи та величини напруги на електродах. Величину напруги доцільно підтримувати на максимальному рівні, але меншому ніж напруга пробою рідини між електродами.

Для забезпечення процесу очищення рицинової олії методом електрофлотації нами розроблено та виготовлено лабораторний зразок установки, технологічна схема якої наведена на рис. 3, а на рис. 4, а

наведено електрофлотаційний комплекс, що складається із високовольтного джерела живлення електродної системи, джерела живлення електродвигуна приводу мішалки та джерела живлення електронагрівачів. На рис. 4 б наведено загальний вигляд натурного зразка електрофлотаційної лабораторної установки, в основу якої покладена задача очищення олії шляхом приготування емульсії, яку пропускають через систему електродів, щоб посилити та прискорити процес флотації.

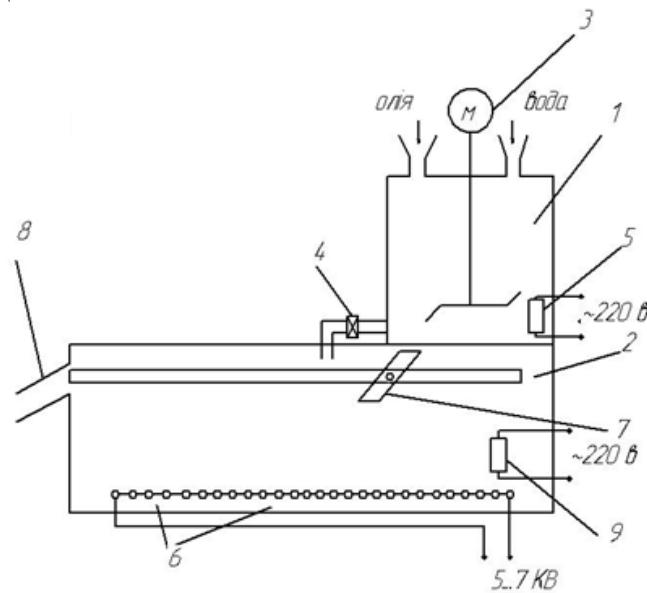


Рис. 3. Технологічна схема електрофлотаційної лабораторної установки: 1 – ємність для підігріву та перемішування олії; 2 – ємність процесу флотації; 3 – електродвигун змішувача; 4 – випускний кран (клапан); 5 – нагрівальний елемент; 6 – система електродів; 7 – скребок для збору піни; 8 – отвір для виводу піни; 9 – нагрівальний елемент флотаційної ємності



Рис. 4. Електрофлотаційний комплекс (а) та електрофлотаційна установка (б) для очищення рицинової олії

Установка працює таким чином: свіжовижата неочищена рицинова олія подається до ємності 1 для підігріву та змішування олії, куди додається 1,5...2% води. Ця рідина ретельно переміщується змішувачем 3, та підігрівається до температури близько 100°C за допомогою нагрівальних елементів 5. Підігріта та перемішана емульсія через випускний кран 4 надходить у флотаційну ємність 2. Для підтримки заданої температури в флотаційній ємності встановлено нагрівальний пристрій 9. Процес електрофлотації відбувається за допомогою встановленої системи електродів 6 у вигляді паралельно встановлених циліндрів. На електроди 6 подається змінна висока напруга від 3...5 кВ зі струмом – 10 мА, що створює в міжелектродному просторі електричне поле великої напруженості. При цьому на електродах виникають парогазові бульбашки, які разом із домішками підіймаються на поверхню рідини. З поверхні рідини домішки видаляються скребком 7 для збору піни через отвір 8 для виводу піни. Вихід очищеної олії здійснюється через випускний кран (на схемі не показано). Контроль температури в ємностях 1, 2 відбувається за допомогою встановлених датчиків температури (на схемі не показано). Через кожні 200 с відбирались проби для аналізу вмісту води гідратованих фосфатидів та механічних домішок. Вміст води визначався ваговим методом після випаровування, а вміст гідратованих фосфатидів та механічних домішок – центрифугуванням. Для аналізу процесу очищення рицинової олії в електричному полі було побудовано графічні залежності вмісту води в олії від часу, за формулою [1]:

$$N = N_0 \exp\left(-\frac{\pi \cdot v \cdot d \cdot l}{v} t\right), \quad (1)$$

де N_0 – початковий вміст води в суміші, в.о.;
 v – швидкість зваження крапель води, м/с;
 d – діаметр електроду, м;
 l – довжина електроду, м;

при напругах на електродах: 3кВ, 3,5 кВ, 4кВ, 4,5 кВ, 5 кВ, що за результатами теоретичних досліджень [1] відповідають швидкостям осадження крапель води на електроди: 0,3 мм/с, 0,38 мм/с, 0,5 мм/с, 0,63 мм/с, 0,8 мм/с. Графіки побудовані для об'єму рідини 10^{-3} м³, радіуса електродів 10^{-3} м, довжини електродів 1 м, та початкового вмісту води 2%.

На рис. 5 та рис. 6 представлено отримані експериментальні залежності, а на рис. 7 показано динаміку зміни прозорості олії в залежності від часу витримки її в електрофлотаційній камері.

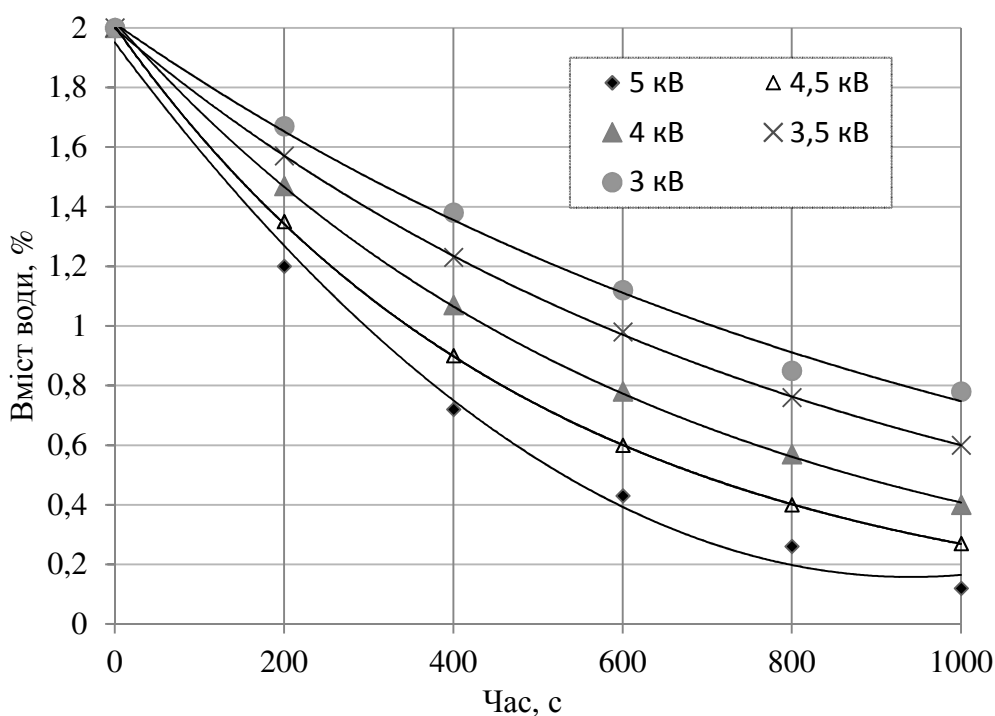


Рис. 5. Експериментальні залежності вмісту води від часу при різних напругах на електродах

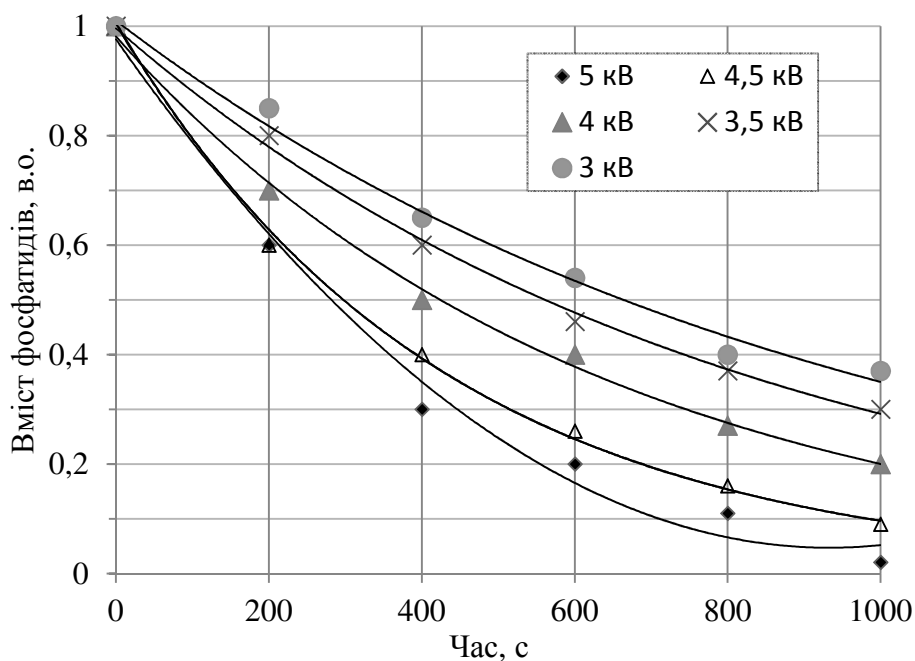


Рис. 6. Експериментальні залежності вмісту фосфатидів та механічних домішок від часу при різних напругах на електродах

Ступінь очищення рицинової олії від гідратованих фосфатидів та механічних домішок розраховано за формулою:

$$C_{\text{оч.}} = \frac{(X_1 - X_2) \cdot 100}{X_1}, \quad (2)$$

де X_1 – масовий вміст частинок гідратованих фосфатидів та механічних домішок в суспензії до очищення, %;

X_2 – масовий вміст частинок гідратованих фосфатидів та механічних домішок в суспензії після очищення, %.

Розрахунок показав, що запропонований спосіб забезпечує ступінь очищення рицинової олії від гідратованих фосфатидів та механічних домішок за час 1000 с при напрузі на електродах 5 кВ на рівні 97%.



Рис. 7. Прозорість очищеної рицинової олії в залежності від часу витримки 1 – віджата олія; 2 – гідратована віджата олія; 3, 4, 5 – олія після витримки в електрофлотаційній камері відповідно 300 с, 600 с та 1000 с

Порівняння теоретичних наведених у роботі [1] та експериментальних залежностей наведених на рис. 9 та 10 підтверджують адекватність математичної моделі гідродинаміки фосфатидів та механічних домішок під дією електричного поля у міжелектродному просторі.

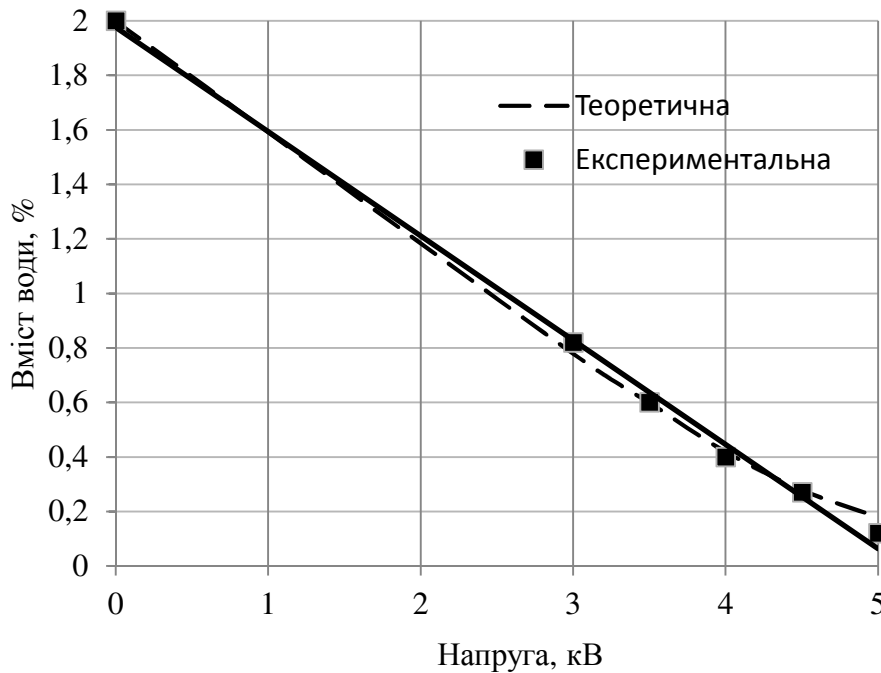


Рис. 9. Теоретична та експериментальна залежності вмісту води від напруги на електродах за час 1000 с

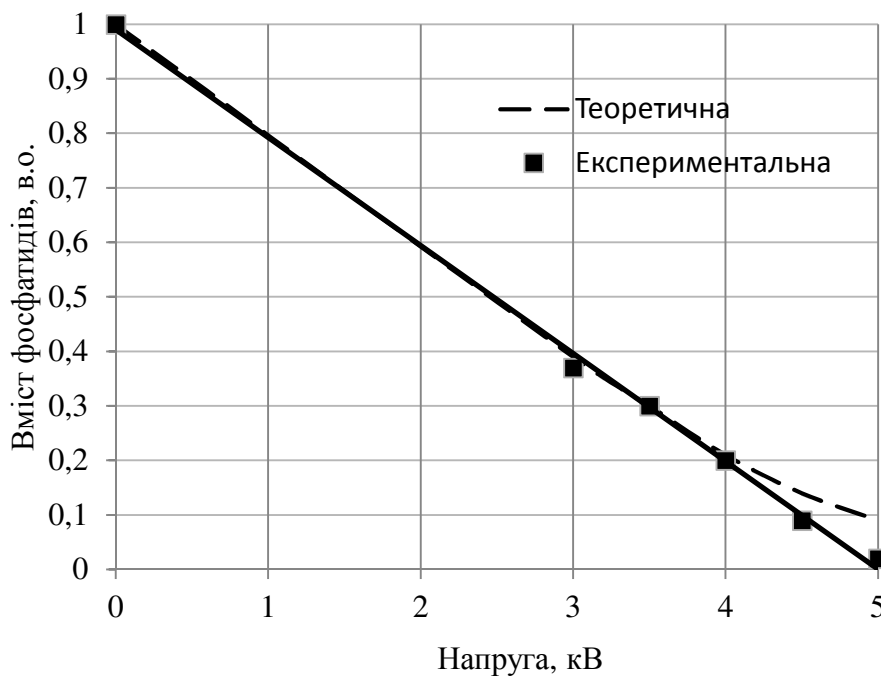


Рис. 10. Теоретична та експериментальна залежності вмісту фосфатидів та механічних домішок від напруги на електродах за час 1000 с

Висновки.

1. Дослідження процесу очищення рицинової олії дозволили визначити час видалення вологи і гідратованих фосфатидів та

механічних домішок з рицинової олії та конструктивні параметри системи електродів. Наприклад, для забезпечення продуктивності установки 0,07 л/хв зменшення вмісту води з 2% до 0,2% довжина електродів повинна скласти 1 м, їх діаметр 2 мм, при відстані між електродами 1 см та напрузі на електродах 5кВ.

2. Порівняння теоретичних та експериментальних залежностей часу видалення вологи та гідратованих фосфатидів і механічних домішок з рицинової олії від напруги на електродах підтвердило адекватність теоретичної моделі експериментальним даним (максимальне відхилення теоретичних величин від експериментальних не перевищує 7 %) та доцільність використання запропонованого методу очищення пресової рицинової олії від фосфатидів і механічних домішок в електричному полі (ступінь очищення за час 1000 с складає 97%).

Література:

1. Моделювання процесу очищення пресової касторової олії методом флотації / В. В. Дідур, В. А. Дідур, І. П. Назаренко, О. П. Назарова, О. В. Діденко // Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2018. Vol. 9, № 3. С. 91-96.

2. ГОСТ 6757-96. Масло касторовое техническое. Технические условия. [Дата введения 1997-01-01]. Минск: Стандартинформ, 2011. 6 с.

3. Спосіб очищення рослинної олії: пат. 127279 Україна: МПК В30В9/02. № u201801594; заявл. 05.02.2018; опубл. 25.07.2018, Бюл. № 8.

4. Заявка на патент А 201811921 Електрофлотаційна установка для очищення рослинної олії / В. В. Дідур, В. М. Кюрчев, В. А. Дідур, І. П. Назаренко, О. В. Діденко.

5. Месеняшин А. И. Электрическая сепарация в силовых полях. Москва: Недра, 1978. 175 с.

6. Маев В. В., Смирнов Г. А., Ефремова Г. А. Тенденции развития систем очистки моторно-трансмиссионных масел и гидравлических гидкостей современных тракторов: обзорная информация. Москва: ЦНИИТЭИ Трактороссельмаш, 1986. 58 с.

7. Никитин Г. А. Проблемы чистоты гидкостей топливных масляных и гидравлических систем. Киев, 1978. 18 с.

8. Берил И. И., Болога М. К. Электросепарация фосфатидов подсолнечного масла // Электронная обработка материалов. 1994. № 6. С. 60-63.

9. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: учеб. пособие: в 10 т. Москва: Наука, 1988. Т. 6: Гидродинамика. 736 с.

10. Назаренко І. П. Теоретичні дослідження взаємодії

електричного поля з діелектричними суспензіями в багатоелектродних системах // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 1. С. 35-45.

11. Методы расчета электростатических полей / Н. Н. Миролубов и др. Москва: Высшая школа, 1963. 416 с.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРЕССОВОГО КАСТОРОВОГО МАСЛА

Дидур В. В., Дидур В. О., Назаренко И. П.

Аннотация – приведена физическая модель флотационной очистки растительных масел. На основании физической модели разработана технологическая схема установки для электрофлотационной очистки касторового масла. Разработана конструкция и изготовлена лабораторная установка для очистки касторового масла. С помощью изготовленной лабораторной установки проведены экспериментальные исследования, которые позволили обосновать технологические режимы и конструктивные параметры электрофлотационной установки для очистки касторового масла в зависимости от ее мощности.

Исследование процесса очистки касторового масла позволили определить удаление влаги и гидратированных фосфатидов и механических примесей с касторового масла и конструктивные параметры системы электродов. При производительности лабораторной флотационной установки 0,07 л/мин уменьшения содержания воды с 2% до 0,2% – длина электродов должна составлять 1 м, их диаметр 2 мм, при расстоянии между электродами 0,1 м и напряжении на электродах 5 кВ.

Сравнение теоретических и экспериментальных зависимостей времени удаления влаги и гидратированных фосфатидов и механических примесей из касторового масла от напряжения на электродах подтверждена адекватность теоретической модели экспериментальным данным (максимальный отжим теоретических величин от экспериментальных не превышает 7%) и целесообразность использования предложенного метода очистки прессового касторового масла от фосфатидов и механических примесей в электрическом поле (степень очистки за время 1000 с составляет 97%).

SUBSTANTIATION OF STRUCTURAL-TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ELECTROFLOTATION INSTALLATION FOR CLEANING PRESS CASTOR OIL

V. Didur, V. Didur, I. Nazarenko

Summary

The modern oil and fat industry of Ukraine is focused only on sunflower processing. While the soil and climatic conditions of our country are such that allow the production of many other oilseeds in industrial volumes. For example, the conditions of Southern Ukraine are very favorable for the production of castor oil from which castor oil is obtained.

The physical model of flotation purification of vegetable oils is given. Based on the physical model, a technological scheme of the installation for electroflotation purification of castor oil was developed. Designed and manufactured laboratory installation for cleaning castor oil. Using the manufactured laboratory unit, experimental studies were carried out, which made it possible to substantiate the technological conditions and design parameters of the electroflotation unit for cleaning castor oil, depending on its power.

A study of the castor oil refining process allowed us to determine the removal of moisture and hydrated phosphatides and solids from castor oil and the design parameters of the electrode system. With a laboratory flotation unit productivity of 0.07 l/min, a decrease in water content from 2% to 0.2% – the length of the electrodes should be 1 m, their diameter 2 mm, with a distance between the electrodes of 0.1 m and the voltage at the electrodes of 5 kV.

Comparison of the theoretical and experimental dependences of the time of removal of moisture and hydrated phosphatides and mechanical impurities from castor oil on the voltage at the electrodes confirms the adequacy of the theoretical model to experimental data (the maximum extraction of theoretical values from experimental does not exceed 7%) and the feasibility of using the proposed method for cleaning pressor castor oil from phosphatides and mechanical impurities in an electric field (the degree of purification during 1000 s is 97%).