Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.
Серія: техніка та енергетика АПК. 2018, Вип. 297, 91-96
ISSN 2222-8594 (print), ISSN 2415-7694 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

DOI: 10.31548/machenergy.2018.03.091-096

УДК 628.511.633.85

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПРЕСОВОЇ КАСТОРОВОЇ ОЛІЇ МЕТОДОМ ФЛОТАЦІЇ

В. В. Дідур, В. А. Дідур, І. П. Назаренко, О. П. Назарова, О. В. Діденко

Таврійський державний агротехнологічний університет, Україна.

Кореспонденція авторів: tsapk@tsatu.edu.ua.

Історія статті: отримано – травень 2018, акцептовано – вересень 2018.
Бібл. 12, рис. 8, табл. 0.

Анотація. Сформульована проблема, яка виникає при переробці рослинних олій на етапі їх очищення. Запропоновано метод та технічні засоби її вирішення з використанням електрофлотації з попередньою гідратацією фосфатидів. Для підтвердження працездатності запропонованого методу розроблено математичну модель, яка заснована на динаміці діелектричних частинок в електричному полі та розв'язанні відповідного диференційного рівняння їх руху. На підставі чисельного розв'язання диференціального рівняння руху частинок отримані залежності швидкості осадження крапель води на електроди електрофлотатора від відстані до електроду та напруги на електродах, що дозволило визначити час видалення води разом із домішками з олії та конструктивні параметри системи електродів, а також продуктивність електрофлотатора. Проведено експериментальні дослідження які підтвердили адекватність теоретичної моделі. Розбіжність експериментальних і теоретичних даних не перевершує 7 %.

Ключові слова: рицинова олія, флотація, електрофлотація, очищення олії, рослинні домішки, фосфатиди, діелектрична рідина.

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 касторову олію. Сучасні технології переробки рицини, із за малих обсягів виробництва на відміну від переробки соняшника, спрямовані на безекстракційний віджим олії за допомогою шнекових пресів. Відомо, що при такій технології отримуємо олію темного кольору, забруднену дрібнодисперсними частинками рослинних домішок і фосфатидами (рис. 1).

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 [1].

Рис. 1. Олія рицини до та після очищення.

Аналіз останніх досліджень

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

- очищення рідини за допомогою фільтрації через різні пористі перегородки [6];
- очищення рідини за допомогою силових полів [3, 4];
- очищення рідини за допомогою флотації [7].

Вивчення можливостей кожного із способів дозволяє констатувати, що стосовно в'язкої діелектричної рідини, якою є касторова олія, найбільш прийнятним є спосіб флотації, зокрема, електрофлотації [2].

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

Мета досліджень

Мета досліджень полягає в обґрунтуванні технологічних режимів процесу електрофлотації при очи-

щенні пресової касторової олії і конструктивних параметрів апарата для її здійснення.

Результати досліджень

Для очищення рицинової олії від фосфатидів і рослинних домішок попередньо здійснюють їх гідратацію при концентрації води 1,5…2 %. Видалення гідратованих фосфатидів і домішок пов'язане з певними особливостями: велика в'язкість рицинової олії та її спроможність утримувати гідратовані фосфатиди в майже колоїдному стані. Крім того після очищення олія потребує видалення остатків води [8, 9].

Запропонована технологія очищення олії полягає в наступному. Після проведення гідратації емульсія підігрівається до температури близько 100 °С і надходить в ємність, в якій встановлено систему електродів у вигляді паралельних циліндрів. На електроди подається змінна висока напруга, що створює в міжелектродному просторі електричне поле. Величина напруги повинна бути якомога високою, але такою, щоб не виник електричний пробій рідини.

Для створення математичної моделі розглянемо в'язку діелектричну рідину, яка вміщує зважені діелектричні частинки. Відповідно до другого закону Ньютона рівняння руху частинки в рідині під дією сили електричного поля та інших сил (рис.2) має вигляд:

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_{\text{e}} + \vec{F}_c + \vec{F}_g, \qquad (1)$$

де m – маса частинки; кг;

ν – швидкість руху частинки, м/с;

$\vec{F}_{\text{e}}$ – сила, що діє на поляризовану незаряджену частинку в електричному полі, Н;

$\vec{F}_c$ – сила опору в'язкої рідини руху частинки, Н;

$\vec{F}_g$ – гравітаційна сила, Н.

Будемо вважати, що частинки мають форму кулі. Гравітаційною силою нехтуємо у зв'язку з її малою величиною у порівнянні з електричною силою (рис. 2).

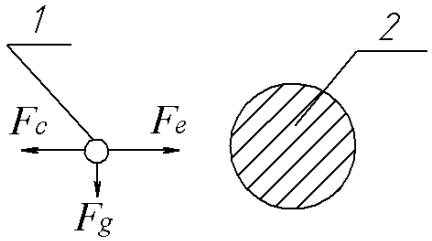

Рис. 2. Сили, що діють на частинку в електричному полі поблизу електроду: 1 – частинка гідратованих фосфатидів та домішок; 2 – електрод.

Для отримання розрахункової формули сили опору рідини руху частинки зробимо оцінку значення числа Рейнольдса за формулою [10]

$$R = \frac{va\rho}{2\eta}, \qquad (2)$$

де R – число Рейнольдса;

а – діаметр кулі, м;

ρ – щільність рідини, кг/м^3;

η – динамічна в'язкість, Па·с.

При орієнтовній швидкості руху v=1 мм/с, діаметр частинки a =50 мкм, η=5·10^{-3}Па · с (рицинова олія при t=90 °С) формула (2) дає значення числа Рейнольдса Re=0,001. Таке значення числа Рейнольдса дає підставу розраховувати силу опору в'язкої рідини руху частинки, що має форму кулі за наступною формулою [10]:

$$\vec{F}_c = 6\pi\eta\left(\vec{v} - \vec{v}_{\text{р}}\right)a, \qquad (3)$$

де $\vec{v}_{\text{р}}$ – швидкість руху рідини, м/с.

В створеному неоднорідному електричному полі на краплі води та гідратовані фосфатиди діє сила, що забезпечує їх рух до поверхні електродів [11]:

$$\vec{F}_{\text{e}} = 4\pi\cdot\varepsilon_{\text{с}}\cdot a^3\frac{\varepsilon_{\text{ч}}-\varepsilon_c}{\varepsilon_{\text{ч}}+2\varepsilon_c}\left(E_x\frac{\partial\vec{E}}{\partial x}+E_y\frac{\partial\vec{E}}{\partial y}+E_z\frac{\partial\vec{E}}{\partial z}\right), \qquad (4)$$

де $\varepsilon_{\text{с}}$ – діелектрична проникність (ДП) рицинової олії, Ф/м; (3·10^{-11} Ф/м);

$\varepsilon_{\text{ч}}$ – ДП речовини кулі (води), Ф/м; (60·10^{-11}Ф/м);

$\vec{E}$ – діюче значення вектору напруженості електричного поля, В/м.

На підставі другого закону Ньютона можна скласти рівняння руху кулі в рідині:

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}+\frac{9\eta}{2a^2\rho}\left(\frac{d\vec{r}}{dt}\right)-\frac{3}{4\pi a^3\rho}\vec{F}_{\text{e}}(\vec{r}) = 0, \qquad (5)$$

де $\vec{r}$ – радіус-вектор, м.

Розглянемо рух частинки вздовж лінії, що з'єднує центри електродів.

В такому випадку потенціал електричного поля між двома паралельними циліндрами описується рівнянням [12]:

$$U(x) = U_{12}\frac{ln\left(\frac{x-D}{x}\right)}{2\cdot ln\left(\frac{D}{R}\right)}, \qquad (6)$$

де U_{12} – різниця потенціалів між електродами, В;

D – відстань між осями електродів, м;

R – радіус електродів, м.

Напруженість електричного поля визначається формулою:

$$E(x) = -\frac{dU}{dx} = -U_{12}\frac{D}{2\cdot(x-D)\cdot x\cdot ln\left(\frac{D}{R}\right)}. \qquad (7)$$

Градієнт напруженості поля:

$$\frac{dE}{dx} = U_{12}\frac{D(2x-D)}{2\cdot(x-D)^2\cdot x^2\cdot ln\left(\frac{D}{R}\right)}. \qquad (8)$$

Відповідно до формул (4), (7), (8) маємо:

$$\vec{F}_{\text{e}} = 4\pi\cdot\varepsilon_{\text{с}}\cdot a^3\frac{\varepsilon_{\text{ч}}-\varepsilon_c}{\varepsilon_{\text{ч}}+2\varepsilon_c}\left(E_x\frac{\partial\vec{E}}{\partial x}\right);$$

$$\vec{F}_{\text{e}} = -4\pi\cdot\varepsilon_{\text{с}}\cdot a^3\frac{\varepsilon_{\text{ч}}-\varepsilon_c}{\varepsilon_{\text{ч}}+2\varepsilon_c}{U_{12}}^2\times$$

$$\times\frac{D^2(2x-D)}{4\cdot(x-D)^3\cdot x^3\cdot\left(ln\left(\frac{D}{R}\right)\right)^2}. \qquad (9)$$

З формул (5) та (9) отримуємо диференційне рівняння другого порядку руху частинки у в'язкій рідині:

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{9\eta}{2a^2\rho}\left(\frac{dx}{dt}\right)-\frac{3}{\rho}\cdot\varepsilon_{\text{с}}\cdot\frac{\varepsilon_{\text{ч}}-\varepsilon_c}{\varepsilon_{\text{ч}}+2\varepsilon_c}\left(\frac{D\cdot(U1-U2)}{2\cdot ln\left(\frac{D}{R}\right)}\right)^2$$

$$\cdot\frac{2x-D}{(x-D)^3\cdot x^3} = 0. \qquad (10)$$

Це рівняння не розв'язується аналітично, тому використано чисельне розв'язання методом Рунге-Кутта в середовищі програми MATCAD. Отримано залежності координати руху частинки, та її швидкості

від часу при різних початкових умовах (рис. 3, рис. 4). Ці залежності отримано для електродів радіусом R=1 мм, при відстані між осями D=10 мм, напрузі на електродах U_{12}=5 кВ, для частинки діаметром a=50 мкм з $\varepsilon_ч=6\cdot10^{-10}$Ф/м, при в'язкості рідини η=0,05Па·с та $\varepsilon_с=3\cdot10^{-11}$Ф/м і початковими координатами x_{01}= 1 мм, x_{02}= 2 мм, x_{03}= 3 мм, x_{04}= 4 мм.

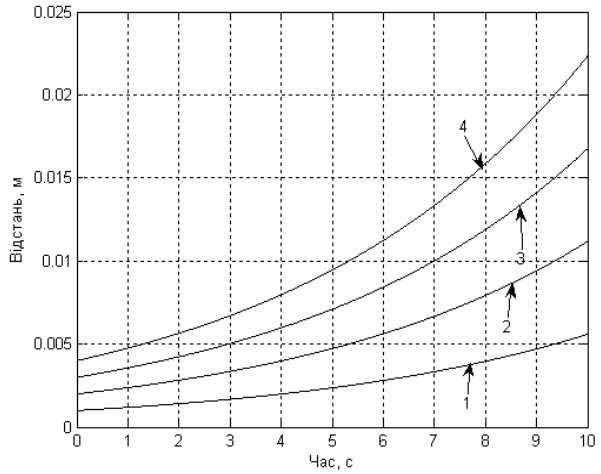

Рис. 3. Залежність відстані від часу при початку руху з точок з координатами: 1 - 1 мм; 2 - 2 мм; 3 - 3 мм; 4 - 4 мм.

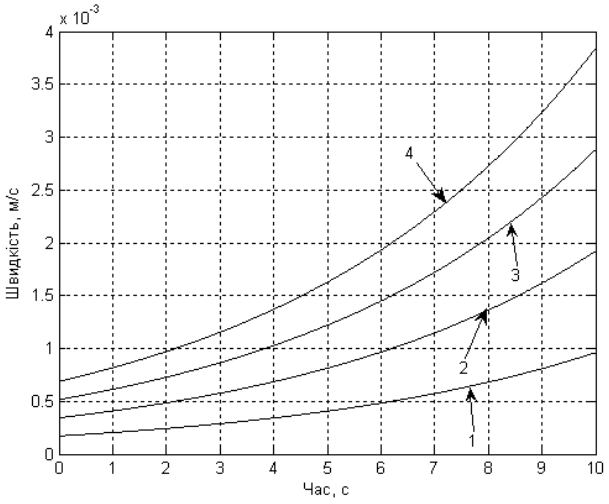

Рис. 4. Залежність швидкості від часу при початку руху з точок з координатами: 1 - 1 мм; 2 - 2 мм; 3 - 3 мм; 4 - 4 мм.

З отриманих залежностей можна визначити швидкість частинки в момент стикання з електродом при різних початкових координатах. Аналіз залежностей (рис. 3) і (рис. 4) показав, що ця швидкість не залежить від початкової координати руху і для вказаних умов складає близько 0,8 мм/с. Аналогічні розрахунки було проведено для на пруг на електродах: 4,5 кВ; 4 кВ; 3,5 кВ; 3 кВ. В результаті отримано залежності скорості осадження частинок на електроди від величини напруги (рис. 5).

При роботі флотаційної камери в безперервному режимі об'єм води в одиницю часу, що подається в камеру дорівнює:

$$Q_в = N \cdot Q_c, \qquad (11)$$

де $Q_в$ – продуктивність по воді, м^3/с;

N – вміст води в суміші, відносні одиниці (в.о.);

$Q_с$ – продуктивність по суміші, м^3/с.

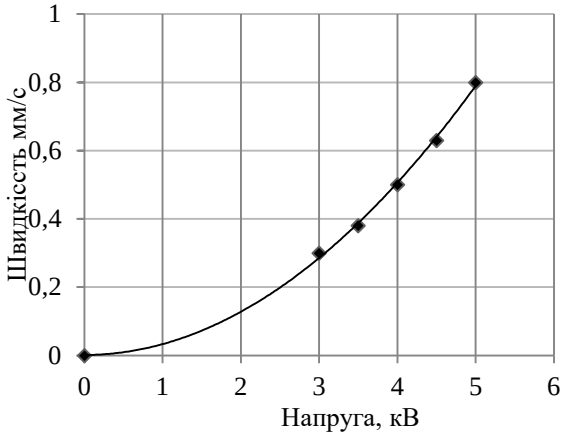

Рис. 5. Залежність швидкості рухучастинки в момент стикання з електродом від напруги.

Об'єм води в одиницю часу, що виділяється на електродах у вигляді пари:

$$Q_в = \pi \cdot N \cdot v \cdot d \cdot l, \qquad (12)$$

де v – швидкість зважених крапель води, м/с;

d – діаметр електроду, м;

l – довжина електроду, м.

З рівняння балансу води в камері:

$$N \cdot Q_c, = \pi \cdot N \cdot v \cdot d \cdot l, \qquad (13)$$

отримуємо вираз для розрахунку загальної довжини електродів:

$$l = \frac{Q_c}{\pi \cdot v \cdot d}. \qquad (14)$$

При роботі флотаційної камери в періодичному режимі зменшення об'єму води в одиницю часу, повинно дорівнювати об'єму води, що виділяється на електродах:

$$V \cdot \frac{dN}{dt} = \pi \cdot N \cdot v \cdot d \cdot l\,, \qquad (15)$$

де V – об'єм камери, м^3.

При розв'язанні цього диференціального рівняння отримуємо:

$$N = N_0\, e^{-\frac{\pi \cdot v \cdot d \cdot l}{V} t}, \qquad (16)$$

де N_0 – початковий вміст води в суміші, в.о.

Отримане рівняння дозволяє розрахувати теоретичне значення зменшення вмісту води в олії з часом під дією електричного поля при різних умовах та порівняти результат з експериментальними даними.

Крім цього з рівняння (16) можна розрахувати потрібну довжину електродів для забезпечення технологічних вимог до процесу очищення:

$$l = -\frac{\ln(\frac{N}{N_0}) \cdot V}{\pi \cdot v \cdot d \cdot t}. \qquad (17)$$

Для перевірки математичної моделі процесу очищення рицинової олії в електричному полі було побудовано графічні залежності вмісту води в олії від часу за формулою (16) при напругах на електродах: 3 кВ; 3,5 кВ; 4 кВ; 4,5 кВ; 5 кВ, що відповідають швидкостям осадження на електроді 0,3 мм/с, 0,38 мм/с, 0,5 мм/с, 0,63 мм/с, 0,8 мм/с відповідно графіку

рис. 4, та порівняно з експериментальними даними. Отримані теоретичні залежності рис. 6 побудовані для об'єму рідини 10^{-3} м^3, радіусу електродів 10^{-3} м, довжини електродів 1 м та початкового вмісту води 2 %.

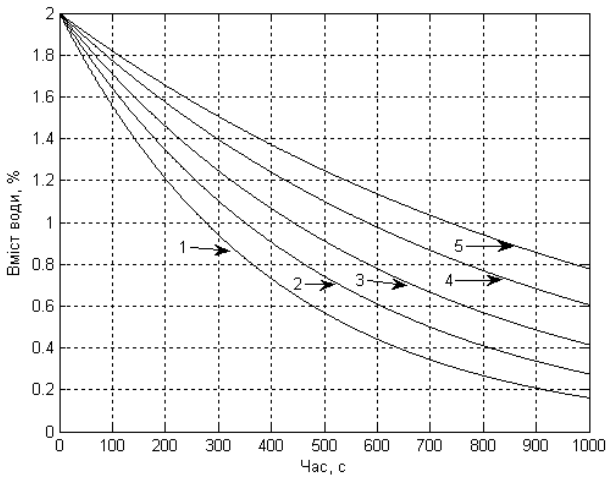

Рис. 6. Теоретичні залежності вмісту води від часу при напрузі на електродах: 1 - 5 кВ; 2 - 4,5 кВ; 3 - 4 кВ; 4 - 3,5 кВ; 5 - 3 кВ.

Для підтвердження отриманих теоретичних залежностей рис. 6 було розроблено методику та проведено відповідні експериментальні дослідження з очищення рицинової олії в електричному полі.

Лабораторна установка складалась з джерела живлення регульованої високої змінної напруги (від 0 до 5 кВ), камери об'ємом 10^{-3} м^3 в якій розміщувалась система електродів у вигляді паралельних циліндрів діаметром 2 мм загальна довжина яких складала 1 м, а відстань між ними – 1 см. Камера наповнювалась попередньо виготовленою емульсією рицинової олії з водою при вмісті води 2 %. Емульсія отримувалась механічним перемішування протягом 2 хвилин при температурі 50 °С.

За допомогою інфрачервоного нагрівача рицинводяна емульсія підігрівалась до температури 95… 100 °С. Після підігріву на електроди подавалась висока напруга. Через кожні 200 с відбирались проби для аналізу вмісту води та гідратованих фосфатидів та механічних домішок. Вміст води визначався ваговим методом після випарювання, а вміст гідратованих фосфатидів та домішок після центрифугування. На рис. 7 та рис. 8 представлено отримані експериментальні залежності.

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

$$C_{\text{оч.}} = \frac{(X_1 - X_2) \cdot 100}{X_1}, \qquad (18)$$

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, %.

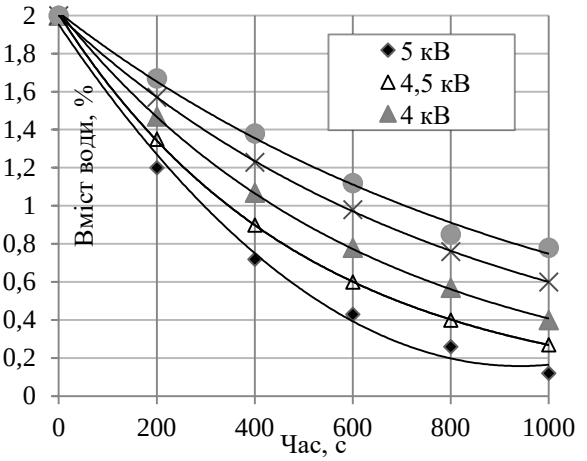

Рис. 7. Експериментальні залежності вмісту води від часу при різних напругах на електродах.

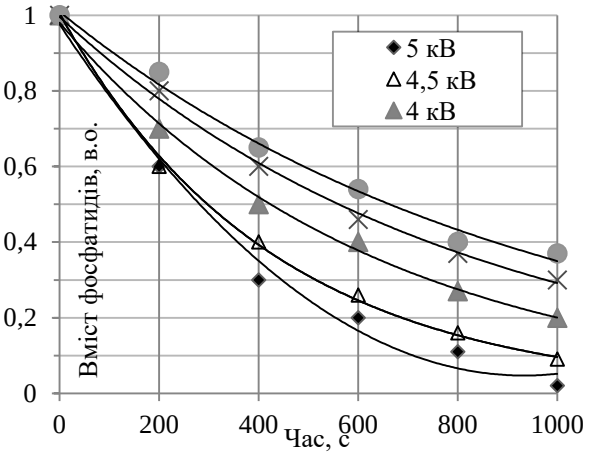

Рис. 8. Експериментальні залежності вмісту фосфатидів та механічних домішок від часу при різних напругах на електродах.

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%.

Висновки

1. Отримано диференційне рівняння динаміки руху крапель води і гідратованих фосфатидів та механічних домішок в рициновій олії в електричному полі, яке створено системою паралельних циліндричних електродів. Розв'язання цього рівняння дозволило визначити швидкість осадження крапель на електроди. Доведено, що швидкість осадження за певними припущеннями не залежить від початкової координати руху крапель. Це пояснюється дією електричного поля і відповідної сили тільки на невеликій відстані від електроду.

2. Отримані теоретичні залежності швидкості осадження крапель від напруги на електродах дозволили розрахувати час видалення вологи і гідратованих фосфатидів та механічних домішок з рицинової олії та конструктивні параметри системи електродів.

3. Порівняння теоретичних та експериментальних залежностей часу видалення вологи та гідратованих фосфатидів та 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%).

Список літератури

1. *ГОСТ* 6757-96. Масло касторовое техническое. Технические условия. 1996.

2. *Дідур В. В., Діденко О. В. Дідур В. А., Левочко Д. В.* Патент України № 127279. Спосіб очищення рослинної олії. Заявник та власник Таврійський державний агротехнологічний університет.- U201801594. Заявлено 19.02.2018, опубліковано 25.07.2018. Бюл. № 4.

3. *Месеняшин А. И.* Электрическая сепарация в силових полях. Москва. Недра. 1978. С. 175.

4. *Маев В. В., Смирнов Г. А., Ефремова Г. А.* Тенденции развития систем очистки моторно-трансмиссионных масел и гидравлических жидкостей современных тракторов. Обзорная информация. Москва. ЦНИИТЭИ Тракторосельмаш. 1986. 58 с.

5. *Никитин Г. А.* Проблемы чистоты жидкостей топливных масельных и гидравлических систем. Киев. Общество Знание УССР. 1978. 18 с.

6. *Бошта Т. М.* Машиностроительная гидравлика. Москва. Машиностроение. 1971. 671 с.

7. *Проскуряков В. А., Шмидт Л. И.* Очистка сточных вод в химическо промышленности. Химия. 1977. 463 с.

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

9. *Болога М. К., Берилл И. И.* Рафинация подсолнечного масла в электрическом поле: монография. АН Республики Молдова. Институт прикладной физики. Молдова. Stinta. 2004. 214 с.

10. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Теоретическая физика. Москва. Наука. 1973. Том 6. Гидродинамика. 736 с.

11. *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.

12. *Миролюбов Н. Н., Костенко М. В., Левинштейн М. Л., Тиходеев Н. Н.* Методы расчета электростатических полей. Москва. Высшая школа. 1963. 416 с.

References

1. *GOST* 6757-96. (1996). Castor oil technical. Specifications.

2. *Didur, V. V., Didenko, A. V., Didur, V. A.* (2018). Patent of Ukraine No. 127279. The method of purification of vegetable oil. The applicant and owner of the Tavria State Agrotechnological University. u201801594. Stated 19.02.2018 published 25.07.2018. Bull. No. 4.

3. *Meseniakin, A. S.* (1978). The electrical separation is in force fields. Moscow. Bowels. 175.

4. *Maev, V. V., Smirnov, G. A., Efremova, G. A.* (1986). Trends in the development of cleaning systems engine transmission oils and hydraulic fluids modern tractors. Overview. Moscow. Tsniitei of Tractorasul. 58.

5. *Nikitin, G. A.* (1978). Problem of clean fluids fuel oil and hydraulic systems. Kiev. The Knowledge society of the USSR. 18.

6. *Basta, T. M.* (1971). Engineering hydraulics. Moscow. Engineering. 671.

7. *Proskuryakov, V. A., Shmidt, L. S.* (1977). Wastewater treatment in the chemical industry. Chemistry. 463.

8. *Beryl, S. S., Bologoe, M. K.* (1994). Electroseparation phosphatides sunflower oil. Electronic processing of materials. No 6. 60-63.

9. *Bologoe, M. K., Beryl, S. S.* (2004). Refining sunflower oil in an electric field: monograph. Academy of Sciences of the Republic of Moldova. Institute of applied physics. Moldova. Stinta. 214.

10. *Landau, L. D., Lifshits, E. M.* (1973). Theoretical physics. Moscow. Science. Volume 6. Hydrodynamics. 736.

11. *Nazarenko, I. P.* (2012). Theoretical studies of the interaction of electric field with dielectric suspensions in multielectrode systems. Labor Taurian state agrotechnological University. Melitopol. Vol. 12, Is. 1. 35-45.

12. *Myrolyubov, N. N., Kostenko, N. V., Loewenstein, M. L., Tikhodeev, N. N.* (1963). Methods of calculating electro-static fields. Moscow. High school. 416.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПРЕССОВОГО КАСТОРОВОГО МАСЛА МЕТОДОМ ФЛОТАЦИИ

В. В. Дидур, В. А. Дидур, И. П. Назаренко, А. П. Назарова, А. В. Диденко

Аннотация. Сформулирована проблема, которая возникает при переработке растительных масел на этапе их очистки. Предложен метод и технические средства ее решения с использованием електрофлотації с предварительной гидратацией фосфатидов. Для подтверждения работоспособности предложенного метода разработана математическая модель, которая основана на динамике диэлектрических частиц в электрическом поле и решении соответствующего дифференциального уравнения их движения. На основании численного решения дифференциального уравнения движения частиц получены зависимости скорости осаждения капель воды на электроды електрофлотатора от расстояния до электрода и напряжения на электродах, что позволило определить время удаления воды вместе с примесями масла и конструктивные параметры системы электродов, а также производительность електрофлотатора. Проведены экспери-

ментальные исследования которые подтвердили адекватность теоретической модели. Расхождение экспериментальных и теоретических данных не превосходит 7 %.

Ключевые слова: касторовое масло, флотация, электрофлотация, очистки масла, растительные примеси, фосфатиды, диэлектрическая жидкость.

MODELING OF THE PROCESS OF PURIFICATION PRESS CASTOR OIL BY FLOTATION METHOD

Didur V. V., Didur V. A., Nazarenko I. P., Nazarova O. P., Didenko O. V.

Abstract. We have formulated the problem that occurs when processing vegetable oils at the stage of their filtering. The method and technical means of its solution are proposed with the use of electroflotation with the prior hydration of phosphatides. To prove the efficiency of the proposed method, a mathematical model was developed, which is based on the dynamics of dielectric particles in the electric field and the solution of the corresponding differential equation of their motion.

On the basis of the numerical solution of the differential equation of motion of particles, dependences of the velocity of precipitation of water droplets on the electrodes of an electroflotation from the distance to the electrode and the voltage on the electrodes were obtained. This made it possible to determine the time of water removal, along with oil impurities, and the structural parameters of the system of electrodes, as well as the efficiency of the electroflotator.

The adequacy of the theoretical model was confirmed by experimental studies. The difference between the experimental and theoretical data does not exceed 7%.

Key words: castor oil, flotation, electroflotation, oil purification, plant additives, phosphatides, dielectric fluid.